



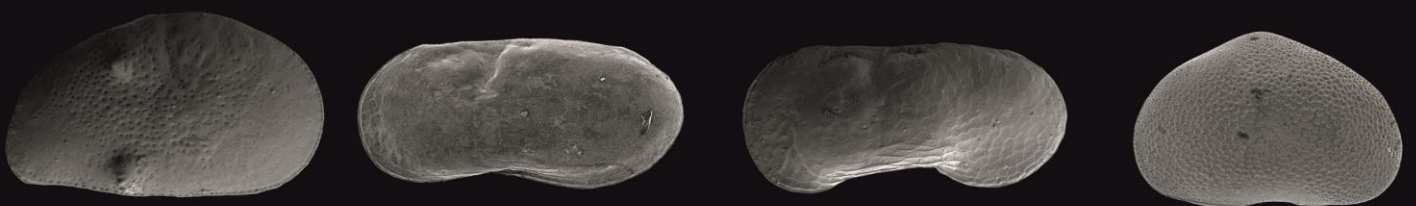
Universidad Nacional de La Plata  
Facultad de Ciencias Naturales y Museo

Reconstrucción paleolimnológica de la laguna Llacanelo  
(Mendoza, Argentina) a través del estudio de ostrácodos  
del Cuaternario

Lic. Débora Sabina D'Ambrosio

2014

Directora: Dra. María Cristina Claps  
Dra. Adriana García





## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	v
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>Capítulo 1      Área de Estudio</b>	4
1.1. Aspectos Geológicos	5
1.2. Aspectos Biológicos	9
1.3. Aspectos Climatológicos	9
1.4. Cuenca Llacanelo	12
1.4.1. Laguna Llacanelo	12
1.4.2. Los bañados	15
1.4.2.1. Bañado de Carilauquen	16
1.4.2.2. Bañado La Porteña	17
1.4.2.3. Bañado Carapacho	17
1.4.2.4. Bañado Los Menucos	18
1.4.3. Caracterización del río y los arroyos	18
1.4.3.1. Río Malargüe	18
1.4.3.2. Arroyo El Chacay	20
1.4.3.3. Arroyo El Álamo	20
1.4.3.4. Arroyo El Mocho	21
1.4.3.5. Arroyo El Malo	21



<b>Capítulo 2</b>	<b>Ostrácodos</b>	23
2.1.	Introducción	24
2.1.1.	Morfología General	24
2.1.2.	Caparazón	25
2.1.3.	Reproducción y Desarrollo	27
2.1.4.	Dimorfismo sexual	29
2.1.5.	Ecología	29
2.1.6.	Clasificación	29
2.2.	Materiales y Métodos	30
2.3.	Resultados: Análisis taxonómico	31
<b>Capítulo 3</b>	<b>Datos actuales</b>	51
3.1-	Introducción	52
3.2-	Materiales y Métodos	53
3.2.1.	Zooplancton	54
3.2.2.	Zoobentos y carófitos	55
3.2.3.	Parámetros físico - químicos	56
3.2.4.	Análisis estadístico de los datos	57
3.3-	Resultados y Discusión	58
3.3.1.	Parámetros físico – químicos	58
3.3.2.	Ostrácodos	59
3.3.3.	Análisis Multivariado	65
3.3.4.	Moluscos	67
3.3.5.	Carófitos	70
3.3.6.	Zooplancton	73
3.4-	Conclusiones	77



<b>Capítulo 4</b>	<b>Ostrácodos del Cuaternario</b>	<b>78</b>
4.1.	Introducción	79
4.2.	Materiales y Métodos	83
4.2.1.	Colección de los testigos	83
4.2.2.	Apertura de los testigos	86
4.2.3.	Trabajo de laboratorio	87
4.2.4.	Dataciones	87
4.3.	Resultados y Discusión	88
4.3.1.	Dataciones y Calibraciones	88
4.3.2.	Análisis sedimentológico	90
4.3.2.1.	Testigo LL3	90
4.3.2.2.	Testigo LL10	92
4.3.3.	Preservación	94
4.3.4.	Asociación de ostrácodos	100
4.3.4.1	Testigo LL3	101
4.3.4.2.	Testigo LL10	107
4.4.	Conclusión	113
4.4.1.	Interpretación y correlación	114
<b>Capítulo 5</b>	<b>Elementos traza</b>	<b>121</b>
5.1.	Introducción	122
5.2.	Materiales y Métodos	129
5.2.1.	Material analizado, selección y limpieza: ambientes actuales y material de testigo.	130
5.2.1.1.	Análisis del agua	130
5.2.1.2.	Análisis de los ostrácodos actuales y fósiles	131
5.2.1.3.	Método de limpieza de las valvas	132
5.2.2.	Espectrómetro de Masa	133



5.2.2.1. Limpieza del cono de la muestra ( <i>sampler cone</i> ) y cono skimmer ( <i>skimmer cone</i> )	135
5.2.2.2. Limpieza de <i>Torch</i> , <i>Connector tube</i> , <i>Bonnet</i> y <i>spray chamber</i>	135
5.2.2.3. Funcionamiento	136
5.2.2.4. Calibración del espectrómetro ( <i>Tunnig</i> )	135
5.2.2.5. Selección de Isótopos	136
5.2.2.6. Análisis de la muestra	137
5.3-Resultados y Discusión	138
5.3.1. Disolución	138
5.3.2. Calibración	138
5.3.3. Secuencia	139
5.3.4. <i>Limnocythere staplinii</i>	140
5.3.5. Cuenca Llanquanelo	140
5.3.5.1. Laguna Llanquanelo	141
5.3.5.2. Bañados	148
5.3.5.3. Arroyos	155
5.3.6. Testigo LL3 – Laguna Llanquanelo	161
5.3.6.1. <i>Limnocythere staplinii</i>	162
5.3.6.2. <i>Alicenula</i> sp.	166
5.4. Conclusiones	167
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	171
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	176



## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera han colaborado en la realización de esta tesis, ya sea contribuido directamente o acompañándome, dándome apoyo a través de estos años.

- ✓ El agradecimiento principal es para mi mamá, quien siempre me apoyó, acompañó y creyó en mí, sin la cual no podría haber superado momentos muy difíciles y no hubiera podido llegar a esta instancia de mi vida. Gracias por encontrar siempre las palabras que me guiaran y dieran fuerzas para seguir. También quiero dedicárselo a mi papá, que aunque ya no esté de alguna manera fue gracias a la tenacidad y constancia que heredé de él que hoy puedo estar escribiendo los agradecimientos de mi tesis.
- ✓ A mis directoras Cristina Claps y Adriana García, por todo el empeño que han puesto para que este proyecto saliera bien y la inmensa paciencia y entrega que han tenido a lo largo de estos años.
- ✓ A mi novio, mi guardaparque personal quien me ayudo en todas las campañas, aparte de acompañarme en la vida, escucharme y tenerme paciencia con la tesis, sin él no habría podido llegar a este momento.
- ✓ A mi familia por el apoyo incondicional, los abuelos, mis tíos, mi hermano, mi cuñada y mis hermosos sobrinos, quienes aunque todavía se preguntan qué estoy haciendo siempre están ahí. A mis suegros, que siempre me acompañaron y juntaron todas las notas del diario de la laguna.
- ✓ A la Dra. Analía Díaz, quien fue una ayuda fundamental para la determinación de los ostrácodos.
- ✓ A mis compañeros del laboratorio Cuenca del Salado, Noe, Hernán, Javi, Fer y Gaby quienes siempre estuvieron con mates de por medio dándome los momentos más lindos que tuve en el laboratorio, alegrando días y superando los días negativos. A Lía y Néstor que siempre me dieron consejos para seguir adelante.
- ✓ Al Dr. Leandro Rojo y el Dr. Jorge (Coco) Chiesa, quienes fueron los encargados del arduo trabajo de extraer los testigos, junto a Allan, Venera, Adriana, Gustavo y Fito,



quienes también pusieron su fuerza en esta tarea. También quiero agradecer al Dr. Julio Kulemeyer, quien nos prestó el equipo para extraer los testigos.

- ✓ Al Dr. Allan Chivas, quien fue mi director de la pasantía en Australia y me enseñó el mundo de los elementos traza, y que junto a la Dra. Adriana García me brindaron su hogar.
- ✓ A Venera, que fue una compañía fundamental en Australia, no sólo por el café moca de las 5 de la tarde en la uni para chusmear en castellano, sino por ayudarme en todo, por brindarme su familia (Silvia, Oscar y Daniel) quienes me acogieron y me hicieron sentir parte de la misma.
- ✓ A la Universidad de Wollongong, por la gran oportunidad que me brindaron al becarme por un año para realizar allí parte de mi tesis. Principalmente a GeoQuEST School of Earth and Environmental Sciences, quienes no sólo me brindaron todas sus instalaciones sino también su amistad.
- ✓ A mis amigos australianos, quienes hicieron más llevadero los días lejos de casa, Lily, Ted, Florian, Helena y especialmente al doctor David Price, quien ya jubilado, todos los días iba a trabajar y tenía palabras amables para levantar el ánimo en la lejanía del hogar.
- ✓ A Susana Marcolini y José Cavallotto, por su compañía en los primeros años difíciles de este proyecto y por sus consejos.
- ✓ A la Dirección de Recursos Naturales de la Provincia de Mendoza, por facilitarme el trabajo de campo dentro de la Reserva Faunística Llanquanelo, principalmente a Martín Palma, por proveerme asistencia en las visitas a la reserva.
- ✓ A mis amigos de la vida y de la universidad, quienes siempre estuvieron al lado mío.
- ✓ A la Dra. Silvina Lassa por su asistencia técnica y permitirme realizar fotografías con el SEM del CCT-Mendoza. Al Dr. Raúl Campos por permitirme utilizar el microscopio estereoscópico para obtener fotografías.
- ✓ Al laboratorio de Química de Hidrología Naval Argentina, por su asesoramiento y por el préstamo de equipos para el trabajo de campo.
- ✓ A Mónica Caviglia por la revisión lingüística del Abstract.
- ✓ A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, FONCYT (Argentina) (Proyecto Raíces 2006 – PICT 1311) y a sus integrantes por permitirme comenzar con este proyecto. A CONICET por permitirme continuar con el mismo.



- ✓ Y por último a los miembros del jurado: Dr. Marcelo Zarate, Dra. Gabriela Cusminsky y Dra. Laura Ferrero por las observaciones, correcciones y sugerencias que permitieron mejorar esta tesis.



## RESUMEN

La Reserva Faunística Provincial “Laguna Llanquanelo” se encuentra en el suroeste de la provincia de Mendoza ( $35^{\circ}$  -  $36^{\circ}30'$  S,  $68^{\circ} 30' - 70^{\circ}$  O), en el departamento de Malargüe. Está situada a 1330 m sobre el nivel del mar y a alrededor de 70 km al E de la cordillera de los Andes. Esta laguna se encuentra en la Diagonal Árida y presenta un clima semiárido a árido afectado por las variaciones de precipitaciones en relación con el ENSO y a las fluctuaciones interanuales.

En la cuenca de la laguna Llanquanelo se definieron 18 sitios de muestreo, en los cuales se extrajeron muestras de zooplancton, ostrácodos, moluscos, carófitos y agua con frecuencia estacional. En forma simultánea se determinaron parámetros físicos y químicos del agua. Estos muestreos se realizaron entre la primavera de 2009 y el invierno de 2010.

En la laguna se definieron 4 sitios de muestreos (uno en la costa este, dos en la costa oeste y uno en el centro), uno en cada uno de los bañados (Carilauquen, La Porteña, Carapacho y Los Menucos), uno en cada uno de los arroyos (El Chacay, El Mocho, El Álamo y El Malo). En el río Malargüe se determinaron seis sitios de muestreos: uno en su tramo principal y cinco en distintas partes del delta que éste forma luego de unírsele los arroyos El Chacay, El Álamo y El Mocho.

Los testigos se extrajeron en enero de 2010, colectándose un total de nueve testigos en tres sectores localizados en el E y O de la laguna. Para la obtención de los testigos se utilizó un *vibracore*, operado manualmente. Los testigos varían entre de 4,5 a 10 m de largo y fueron colectados con tubos de PVC de 50 mm de diámetro. Se eligieron dos testigos uno en la costa O de 9 m y otro en la E de 10 m. Las muestras para los microfósiles se tomaron cada 10 cm.

La laguna Llanquanelo es un ambiente que presentó una salinidad media de  $25,31 \text{ g l}^{-1}$  que varió entre  $9,3 \text{ g l}^{-1} - 44,3 \text{ g l}^{-1}$ , siendo hiposalina a mesosalina. Presenta especies indicadoras de alta salinidad como el ciliado *Fabrea salina*, el rotífero *Brachionus plicatilis* y el copépodo *Boeckella poopensis*, las especies de carófitos *Chara halina*, *C. hornamani* y *Lamprotamnium haesseliae* y el molusco *Heleobia parchappii*.

En la Cuenca Llanquanelo las asociaciones de ostrácodos diferencian claramente los tres tipos de ambientes: la laguna Llanquanelo, los bañados y los arroyos y el río Malargüe. *Limnocythere staplini* es la única especie que logró desarrollar una población abundante en

toda la laguna y en general en todas las estaciones. Esta especie que se encuentra en un 80% de abundancia en la laguna podría considerarse indicadora de condiciones salinas. *Darwinula stevensoni*, *Alicenula* sp., *Heterocypris incongruens*, *Chlamydotheca arcuata*, *Chlamydotheca* sp.<sub>1</sub>, *Chlamydotecta* sp.<sub>2</sub> y *Potamocypris smaragdina* son especies abundantes casi exclusivas de los bañados, indicando gran afinidad al agua dulce y a condiciones lénticas. *Ilyocypris ramirezi* y Cyprididae indet.<sub>1</sub> se encontraron con mayor frecuencia o exclusivamente, respectivamente, en los arroyos y el delta del río Malargüe, presentando afinidad al agua dulce y a la presencia de corriente. *Cypridopsis vidua* no es buen indicador de las condiciones ambientales dada su gran plasticidad, encontrándose en los tres tipos de ambiente al igual que *Stenocypris* sp. que estuvo presente con similar frecuencia en los bañados, arroyos y el delta del río Malargüe.

Los testigos fueron datados con C-14 utilizando *Heleobia parchappii*. El testigo LL10 (costa este) presentó varios niveles estériles. La asociación de ostrácodos que presentó estuvo constituida por 13 especies: *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Limnocythere staplini*, *L. rionegroensis*, *Alicenula* sp., *Candona* sp.<sub>1</sub>, *Candona* sp.<sub>2</sub>, Cyprididae indet.<sub>1</sub>, *Eucypris fontana*, *E. virgata*, *Heterocypris salina*, *H. similis*, *Cypridopsis vidua* e *Ilyocypris ramirezi*. Los cambios en las asociaciones producidos a lo largo del testigo generaron también cuatro zonas bioestatigráficas determinadas por el análisis de agrupamiento (CONISS).

El testigo LL3 (oeste de la laguna) presentó una asociación de ostrácodos de 10 especies: *Alicenula* sp., *Limnocythere rionegroensis*, *L. staplini*, *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Cypridopsis vidua*, *Heterocypris salina*, *Eucypris fontana*, *E. virgata*, Cyprididae indet.<sub>2</sub> y *Candona* sp.<sub>2</sub>. Los cambios en las asociaciones ocurridos a lo largo del testigo generaron cuatro zonas bioestatigráficas determinadas por el mismo análisis que las anteriores.

Fueron analizados tres elementos traza, Sr, Mg y Ba en valvas de *L. staplini* provenientes tanto del testigo LL3, donde fue la especie dominante, como en todos los ambientes y estaciones del año en los que estuvo presente en la Cuenca Llanquanelo. Asimismo, se analizó el agua colectada en cada ambiente junto con las muestras de los ostrácodos.

El análisis de las valvas actuales demostró como característica sobresaliente un bajo peso lo cual está relacionado con el espesor de las valvas producidas debido a que el ambiente nunca se satura de Ca. En este ambiente, la gran variación térmica anual y los

diferentes ingresos de agua al sistema, ya sean ingresos superficiales (arroyos, bañados y precipitación pluvial o nival) como del acuífero dificultan el análisis de las relaciones de los factores ambientales que se producen dentro de la laguna. Aunque los cocientes Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca no presentaron una buena relación con los factores ambientales temperatura y salinidad, proveyeron una idea del ambiente y se pudieron hacer inferencias ambientales.

La laguna actualmente está bajo un sistema árido de baja precipitación con predominio de la evaporación, lo que conlleva a una elevada salinidad y a un escaso nivel hidrométrico de la laguna.

A partir de los análisis de las asociaciones de ostrácodos y de los elementos trazas se pudo inferir que aunque hubo momentos de ingreso de agua dulce al sistema (dado por el aumento de la relación Ba/Ca y/o aumento de abundancia de *Alicenula* sp.) no promovió el incremento del nivel hidrométrico por lo cual nunca fue un lago profundo. Al producirse estos ingresos, la salinidad disminuyó y seguramente estuvo acompañada por una disminución en la evaporación. Si en algún momento se produjo un descenso de agua desde la cordillera con grandes volúmenes, esto solo promovió el incremento de la superficie de la laguna pero nunca de su profundidad, y seguramente la mayor parte de ese caudal se dirigió hacia el río Atuel.

Una síntesis de los datos asociados provenientes de los elementos traza y las asociaciones de ostrácodos determinaron el desarrollo de ciertos acontecimientos:

Pleistoceno tardío (~32ka - ~24 ka): la temperatura habría sido similar a la actual. El clima semiárido de este momento podría relacionarse al interstadial (Piso isotópico 3) interglaciares. Este intervalo de tiempo estuvo sujeto a por lo menos cuatro eventos volcánicos, con un ascenso momentáneo de temperatura al final del mismo. Aunque la laguna se presentaba somera y salina se visualizan cuatro claros momentos de aumento de la relación Ba/Ca que refieren a determinados ingresos de agua al sistema. Dos se producen previamente a los niveles de ceniza y el último luego del nivel de tefras por lo que podrían estar relacionados a ésta.

Entre los ~24ka - ~19ka se habría producido una disminución de la temperatura, lo cual se relacionaría con el LGM (Último Máximo Glacial). En la base de este período se produjo un ingreso de agua dulce a la laguna señalado por la presencia de *Alicenula* sp. La laguna en dicho período fue somera, ya que luego del ingreso mencionado, se observa una

disminución de la relación bario por lo que se detuvo el ingreso de agua dulce al sistema. El clima más frío evitó que ocurriera evaporación en el sistema y se incrementara la salinidad.

Entre los ~19 – 18ka se habría producido un aumento de temperatura, siendo los valores mayores a los actuales evidenciando un clima cálido y árido que conllevó a elevados niveles de evaporación en la laguna.

Entre los ~17,5ka - ~12ka se habría producido un descenso de temperatura, mostrando los valores más bajos, a lo largo del testigo, descenso de la salinidad con tres ingresos de agua dulce al sistema, señalados por la presencia de especies de agua dulce y por la gran abundancia de los ostrácodos en este período. Este fue el periodo más frío y menos árido (húmedo??) del registro obtenido.

Entre los ~12ka - ~4ka se habría producido un nuevo aumento de la temperatura, mayor a la que se registra en la actualidad, la que conllevó a altos niveles de evaporación llegando a un máximo entre los 9ka-7ka y entre los 6ka-4ka donde sólo se encuentran sedimentos evaporíticos (yeso). Luego de estos dos momentos se evidencia un pico de Ba/Ca relacionado al ingreso de agua a la laguna.

Entre los ~4ka – 2ka la temperatura disminuyó, al igual que la salinidad de la laguna, presentándose nuevamente una laguna somera, relacionada a un clima menos árido y cálido. En los últimos 2ka con una disminución de temperatura a rangos similares a los actuales, la laguna sería somera y salina.

---

## ABSTRACT

The Llanquanelo Lake (Provincial Reserve) is located in the south-west of Mendoza province (35 ° - 36 ° S, 68 ° 30' - 30' 70° W), in Malargüe Department, at 1330 m above sea level and 70 km east from Cordillera de los Andes. This lake is located in the "Diagonal Arida" that is characterized by a semi-arid to arid climate affected by variations of rainfall in relation to ENSO events and interannual fluctuations.

In the Llanquanelo basin, 18 sampling sites were established where seasonally samples of zooplankton, ostracods, molluscs, charophytes and water were collected. Simultaneously, physical and chemical parameters of the water were measured. The samples were collected between the spring of 2009 and winter of 2010.

Four sampling sites were defined at the lake: one at the E coast, two at the W coast and one in the middle; one at each spring: "Baños" Carilauquén, La Porteña, Carapacho and Los Menucos, and one at each stream: El Chacal, El Mocho, El Alamo and El Malo. In the Malargüe River six sampling sites were established: one at the main channel and five in different sectors of the delta that the river forms after receiving three affluents, El Chacay, El Alamo and El Mocho streams.

The cores were extracted in January 2010, collecting a total of nine cores in three sectors located in the E and W of the lake. These cores were obtained with a manually operated vibracore. The cores varied between 4.5 to 10 m long and were collected with 50 mm diameter PVC tubes. Two cores were chosen: the first one on the W coast at 9 m and the second one on the E coast at 10 m. Samples for the microfossil analysis were taken every 10 cm.

Llanquanelo lake presented an average salinity of 25.31 g L<sup>-1</sup>, with a range between 9.3 g L<sup>-1</sup> to 44.3 g L<sup>-1</sup>, being hiposaline to mesosaline. The zooplankton was integrated by species with affinity to high salinity such as the ciliate *Fabrea salina*, the rotifer *Brachionus plicatilis* and the copepod *Boeckella poopoensis*. In the lake, the presence of some charophytes species, *Chara halina*, *C. hornamani* and *Lamprotamnium haesseliae* and the mollusc *Heleobia parchappii* denoted also high salinity conditions.

In the Llanquanelo basin, the ostracod associations differed clearly according with the type of water bodies: the Llanquanelo lake, the springs, the streams plus the Malargüe river. *Limnocythere staplini* was the only species developing an abundant population in the

lake during almost all seasons. This species occurred in 80 % of the seasonal samples and could be considered an indicator of saline conditions. *Darwinula stevensoni*, *Alicenula* sp., *Heterocypris incongruens*, *Chlamydotheca arcuata*, *Chlamydotheca* sp<sub>1</sub>, *Chlamydotheca* sp<sub>2</sub> and *Potamocypris smaragdina* were conspicuous species and basically exclusive to the springs, indicating high affinity to the freshwater and lentic conditions. *Ilyocypris ramirezi* and Cyprididae indet<sub>1</sub> were found with greater frequency or exclusively, respectively, in the streams and the delta of the Malargüe River, showing affinity to freshwater conditions and the presence of current. *Cypridopsis vidua* was not useful to indicate particular environmental conditions due to its plasticity that promotes records in the three types of environments. The same condition was shown by *Stenocypris* sp. with a similar frequency in the springs, streams and the Malargüe River delta that invalidates any indicator function.

The cores were dated with C-14 using *Heleobia parchapii*. The core LL10 (E Coast) presented several sterile levels. The ostracod association was constituted by 13 species: *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Limnocythere staplini*, *L. rionegroensis*, *Alicenula* sp., *Candona* sp<sub>1</sub>, *Candona* sp<sub>2</sub>, Cyprididae indet<sub>1</sub>, *Eucypris fontana*, *E. virgata*, *Heterocypris salina*, *H. similis*, *Cypridopsis vidua* and *Ilyocypris ramirezi*. The association changes along the core also generated four biostatigraphic zones determined by cluster analysis (CONISS).

The core LL3 (W coast of the lake) presented an ostracod association of 10 species: *Alicenula* sp., *Limnocythere rionegroensis*, *L. staplini*, *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Cypridopsis vidua*, *Heterocypris salina*, *Eucypris fontana*, *E. virgata*, Cyprididae indet<sub>2</sub> and *Candona* sp<sub>2</sub>. The association changes along the core generated four biostatigraphic zones determined by the same analysis as the previous ones.

Three trace elements were selected: Sr, Mg and Ba that were analysed in the shells of *L. staplini* from the core where it was dominant (LL3), as in all water bodies and seasons of the year where this species was present in the Llanquanelo basin. Also, the water collected in each site with ostracod samples was analysed.

The actual valve analysis showed, as a salient feature, a low weight which is related to the thickness of the valve because the environment was never saturated of Ca. In this environment, the large annual thermal variation and the different origins of the water that inflows to the system - tributaries (streams, springs and rainfall or snow precipitation), and groundwater – makes it difficult to analyze the relationship of environmental factors that occurred within the lake. Although Mg/Ca, Sr/Ca and Ba/Ca ratios did not have a good

relationship with the temperature and salinity, they supplied an idea of the environment leading to environmental inferences.

The actual lake is under an arid low precipitation system with predominance of the evaporation, which leads to a high salinity and to a low hydrometric level of the lake.

From the analyses of ostracod associations and trace elements it could be inferred that the moments of entry of freshwater to the system, given by the increase of the ratio Ba/Ca or increase in abundance of *Alicenula* sp., did not promote the increase of the hydrometric level which explains why it was never a deep lake. To produce this inflow, salinity decreased certainly accompanied by a decrease in evaporation. If at any time there was a decrease of water from the Andes with large volumes, this only promoted the increase of the lake surface but never its depth, and most of that flow was definitely directed toward the Atuel River.

A synthesis of data from ostracod associations and trace elements determined the development of certain events:

Late Pleistocene (~ 32ka - ~ 24 ka): the temperature could have been similar to the present. The semiarid climate of this moment could relate to interglacial conditions. This interval of time was subjected to at least four volcanic events, with a momentary rise in temperature at the end of it. Although the lake was shallow and saline four clear moments of increase in the Ba/Ca ratio can be distinguished which refer to a determined water inflow to the system. Two occurring prior to the levels of ash and the last one after the level of ash, so that both could be related to it.

Between ~ 24ka - ~ 19ka a drop in temperature could have occurred, which could have been related to the LGM (last Glacial maximum). At the beginning of this period, there was a freshwater inflow into the lake pointed by the presence of *Alicenula* sp. The lake, in that period, was shallow, since after the income mentioned, a decrease in the barium ratio occurred, stopping the entry of freshwater to the system. Colder weather prevented the occurrence of evaporation in the system as well as the salinity increase.

Between ~ 19 - 18ka an increase in temperature could have occurred, being the values greater than the ones at present showing a warm and arid climate which led to high levels of evaporation in the lake.

Between ~ 17, 5ka - ~ 12ka a drop in temperature could have occurred, showing the lowest values along the core, a decline in salinity with three inflows of freshwater to the

system, evidenced by the presence of freshwater species and for the great abundance of ostracods in this period. This was the coldest and least arid period (wet?) of the registration.

Between  $\sim 12\text{ka}$  -  $\sim 4\text{ka}$  a further increase of the temperature could have occurred, higher than the recorded at present, which led to high levels of evaporation reaching a maximum between  $9\text{ka}$ - $7\text{ka}$  and  $6\text{ka}$ - $4\text{ka}$  where only evaporite sediments (gypsum) were found. After these two moments, a peak of Ba/Ca related to the water inflow into the lake was evidenced.

Between  $\sim 4\text{ka}$  -  $2\text{ka}$  the temperature decreased, as well as the salinity, again presenting a shallow lake, related to a less arid and warm climate. In the last  $2\text{ka}$  with a decrease in temperature to ranges similar to the present ones, the lake would be shallow and saline.

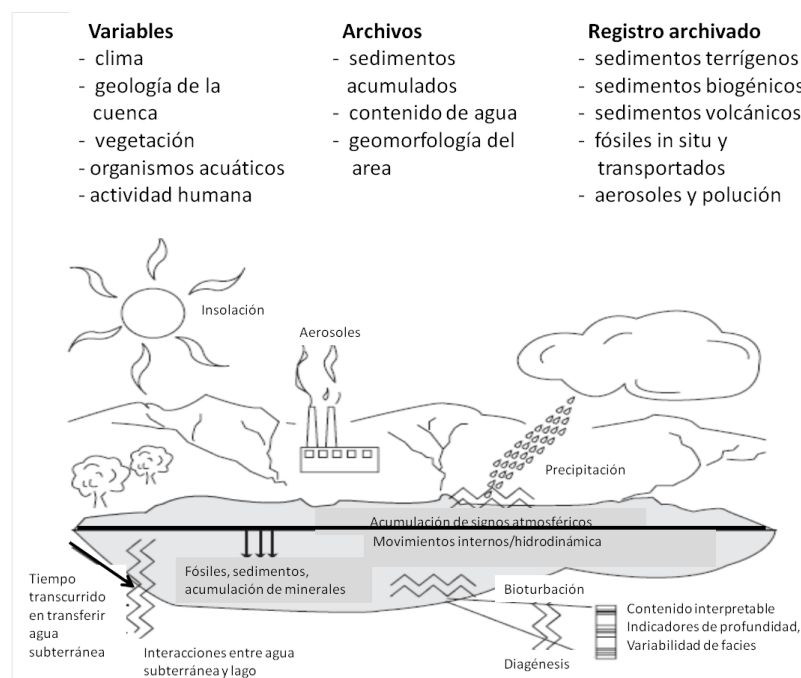


## INTRODUCCIÓN

La paleolimnología es la ciencia dedicada al estudio y reconstrucción de las condiciones pasadas de ambientes límnicos, en particular cuerpos lacustres. Su estudio incluye la interpretación de los procesos geológicos, biológicos y ecológicos ocurridos en la cuenca con el fin de reconstruir su historia pasada (Last & Smol 2001).

Los cuerpos de agua responden a factores extrínsecos e intrínsecos, como el clima, la vegetación, los organismos acuáticos, la composición de la roca de caja, la actividad volcánica, tectónica y la humana (Figura 1), los cuales quedan registrados en los sedimentos y cuya incidencia se intenta reconstruir utilizando distintas aproximaciones ('proxies') (Cohen 2003).

El ingreso y egreso de agua a un ambiente léntico está regulado principalmente por el clima, lo que determina los cambios en el nivel de agua, por lo que los niveles alcanzados por un paleolago (líneas de costa) o los sedimentos acumulados en la cuenca lacustre proveen un archivo de esos cambios hidrológicos (Cohen 2003).



En ambientes en donde las líneas de costa no están presentes, los estudios sedimentarios acumulados en el lago son el foco primordial de la paleolimnología (Sack 2001). La metodología más común para obtener estos registros sedimentarios es a través de la extracción de testigos, que deben ser continuos y no disturbados.

Los procesos biológicos en los lagos quedan archivados por los fósiles, la interpretación de estos archivos requiere un entendimiento básico de los controles relevantes bióticos y abióticos que influyen en la distribución de las especies, su diversidad y la estructura de la comunidad actual, por lo que es necesario realizar estudios de las comunidades actuales para poder comprender los procesos y cambios producidos a través del tiempo.

En la Argentina los trabajos paleolimnológicos se focalizaron en la laguna Mar Chiquita, lagunas Encadenadas del sistema del Oeste de la provincia de Buenos Aires, Salina del Bebedero y en la Patagonia en los lagos Cardiel, Frías y Mascardi. Según Piovano *et al.* (2009) estos estudios a ambos lados de la Diagonal Árida poseen registros que permitieron la reconstrucción de la actividad pasada del Sistema Monzónico de América del Sur (laguna Mar Chiquita, lagunas Encadenadas del sistema del Oeste) y de los cambios en la posición latitudinal de los vientos del Suroeste (Salina del Bebedero y Patagonia).

La laguna Llanquanelo está formada en una depresión natural siendo así el depocentro sedimentario, donde han quedado registrados los cambios ecológicos y climáticos del área y del lago. Hasta el momento los trabajos sobre la cuenca Llanquanelo son muy escasos (Ciocco & Scheibler 2008; De Francesco 2010; De Francesco & Hassan 2009; Hassan *et al.* 2012; Scheibler 2008; Scheibler & Ciocco 2011; Peralta & Fuentes 2005) y esta tesis explora por primera vez la diversidad de ostrácodos y sus ambientes, como así también es la primera reconstrucción paleolimnológica detallada de la laguna.

### Hipótesis

Los cambios paleoecológicos ocurridos en la Laguna Llanquanelo en respuesta a cambios climáticos del Cuaternario están registrados en sus sedimentos y su biota, en particular en los ostrácodos. Algunos de los interrogantes a contestar son:

¿Se pueden acotar mediante el análisis de las asociaciones de ostrácodos momentos de mayor aporte de agua dulce a la cuenca?

¿Cómo respondió la fauna de ostrácodos y la geoquímica de sus valvas a cambios en la hidrología de la laguna?

¿Con qué precisión se pueden reconocer eventos climáticos en la evolución de la laguna?

#### OBJETIVO GENERAL

Reconstruir los cambios paleoambientales del Cuaternario tardío de la Laguna Llanquanelo, Andes centrales, Argentina.

#### Objetivos específicos

Caracterizar ecológicamente la cuenca Llanquanelo a través del estudio del zooplancton, de los ostrácodos, moluscos y de los carófitos presentes.

Realizar el estudio ecológico, taxonómico y de las asociaciones de los ostrácodos presentes actualmente en la cuenca Llanquanelo.

Determinar las asociaciones de ostrácodos presentes en dos testigos cronológicamente acotados obtenidos al este y oeste de la laguna Llanquanelo, para poder interpretar cambios ecológicos ocurridos en la laguna.

Realizar el análisis de elementos traza (Sr/Ca, Mg/Ca, Ba/Ca) a fin de establecer con mayor precisión las variaciones en la hidrología de la cuenca (salinidad, temperatura y precipitaciones), los que a su vez dependen en gran parte de los cambios climáticos.

## Capítulo 1: Área de estudio.



### Área de Estudio

La Reserva Faunística Provincial “Laguna Llacanelo” se encuentra en el suroeste de la provincia de Mendoza (35° - 36°30' S, 68° 30' - 70° O), en el departamento de Malargüe (Figura 1). Está situada a 1330 m sobre el nivel del mar y alrededor de 70 km al E de la cordillera de los Andes. Esta laguna fue declarada reserva en la década del 80 y sitio Ramsar en 1995.

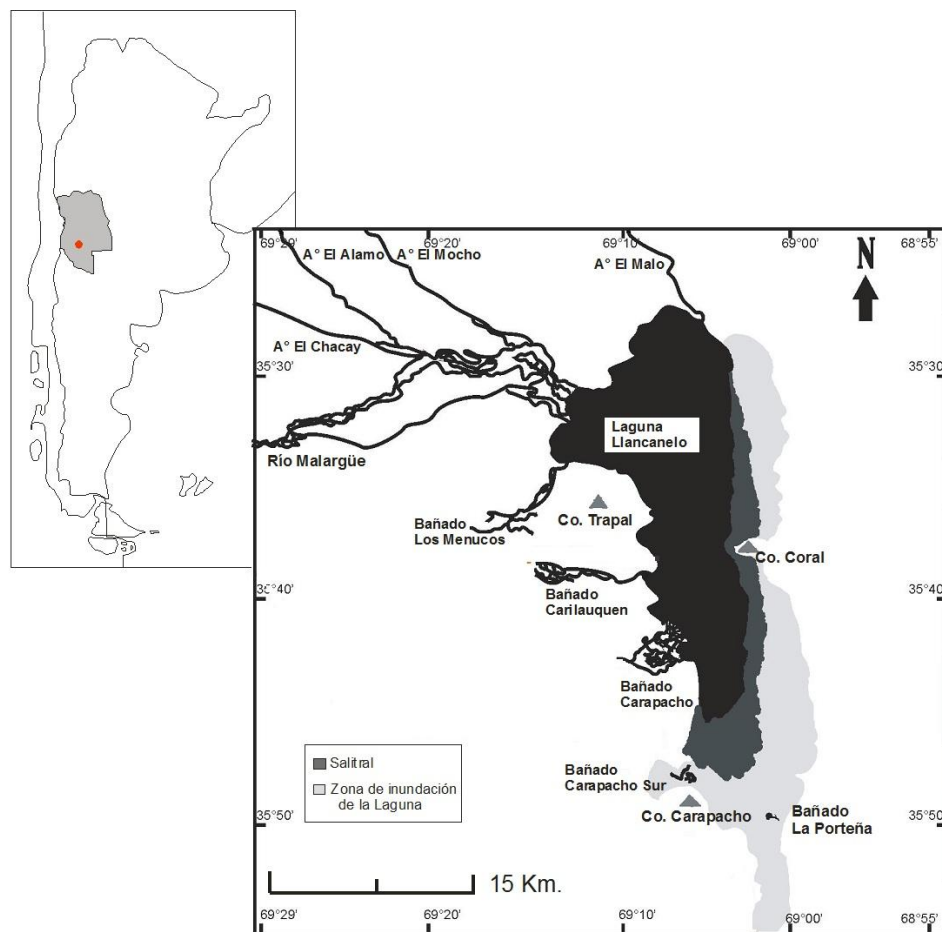


Figura 1. Ubicación del área de estudio

#### 1.1. Aspectos Geológicos

El subsuelo de esta región se corresponde con la parte norte de la Cuenca Neuquina, por lo cual la extracción de hidrocarburos es activa, encontrándose muchos de los pozos alrededor de la reserva. Actualmente existe un plan de extracción de

hidrocarburos debajo de la laguna con un sistema de extracción en diagonal (guardaparques y pobladores de Malargüe, com. pers.).

Otra peculiaridad de la región es que al oeste del área en estudio, en la República de Chile, se produce la subducción de la Placa de Nazca lo que ha provocado un gran desarrollo volcánico, tanto en la cordillera como en la Provincia Basáltica Andino – Cuyana.

También fueron importantes las intrusiones marinas que ocurrieron en el Triásico inferior desde el Pacífico y que por su gran estabilidad conllevaron al desarrollo de rocas carbonáticas marinas. Luego con un descenso rápido del mar se produjo la depositación de yeso en toda la cuenca. Por encima de estos depósitos se encuentran depósitos lacustres (Jurásico, Kimmeridgiano). Durante el Jurásico superior – Cretácico inferior se produjo un nuevo ingreso marino y el desarrollo de depósitos carbonáticos que ocupan gran parte del área. Los niveles de evaporitas, anhidritas y sal que cubren toda el área de la Hoja geológica 28d Malargüe evidencian su “off lap” (Nullo *et al.* 2005).

En el Cretácico superior- Paleoceno inferior ocurrió una nueva ingresión marina, que fue de gran distribución areal, desde el Atlántico y dejó una sedimentación de plataforma somera. Se produjo el desarrollo de la Faja Plegada y Corrida de Malargüe (Ramos & Folguera 2005a), que según Nullo *et al.* (2005) se corresponde al norte y sur con la faja plegada cordillerana. Entre el Eoceno inferior y Mioceno inferior se encuentra un gran hiatus.

Durante el Neógeno se desarrollaron dos eventos muy importantes para la región de la laguna, ya que la delimitan en el presente: el levantamiento del Bloque de San Rafael (Mioceno) y el desarrollo de la Payenia (Plioceno) (Manzur 2005).

En cuanto a los depósitos lacustres cuaternarios, Tapia (1935) los consideró de diferentes edades en las depresiones de los ríos Mendoza, Tunuyán, Desaguadero, Diamante y Atuel inferiores, determinando a los depósitos blanquecinos intercalados en el pie de la Precordillera de edad Lujanense. Groeber (1939) correlacionó estos depósitos con los lacustres del gran bajo de Llanquanelo, determinando un gran paleolago que comprendía un área delimitada al oeste por la Cordillera, al norte por las Sierra Pintada y al sur, sureste y suroeste por campos lávicos anteriores y posteriores a este régimen lacustre. Ese paleolago se encontraría en lo que hoy conocemos como Depresión de los Huarpes definida por Polansky (1954). Ésta es un área plana a levemente inclinada, formada principalmente por sedimentitas cretácicas (Nullo *et al.* 2005).

Según Nuñez (1976), en 1963, Groeber, delimitó la “paleolaguna” como posterior a la última glaciación y que estaría relacionada a la dispersión de sus hielos, y sus sedimentos pertenecerían al Platatense.

Nuñez (1976), continuando con la idea de Groeber, planteó la existencia de un “gran lago”, del que la laguna Llanquanelo es hoy día su remanente y que sus sedimentos los ubicarían en la formación La Plata (Holoceno superior). En estos estratos lacustres se encontraron numerosos representantes de *Heleobia parchappii*, espículas de esponjas y escasas diatomeas de agua dulce, teniendo un espesor visible en las barrancas del río Atuel entre 3 y 5 m (Nuñez 1976). Según Groeber (1939), estos sedimentos lacustres en base a la presencia de sus fósiles eran originalmente de agua dulce, pero luego se salinizaron por el lavado de las rocas volcánicas y por aportes del Río Salado.

Al este de la cordillera existen depósitos eólicos que se encuentran rodeando al Cerro Trapal y a los depósitos aluviales que rodean la laguna. (Nullo *et al.* 2005)

La Provincia Basáltica Andino – Cuyana presentó grandes erupciones basálticas que ocurrieron durante el Plioceno – Cuaternario (Bermúdez & Delpino 1989). Esta provincia está dividida en 2 campos:

El Campo Volcánico Llanquanelo (Figura 2) que se encuentra entre los 35° 39' y 35° 50' S cubriendo una superficie de 10.700 km<sup>2</sup> (Risso *et al.* 2008) desde la falla de Malargüe hasta la falla de Llanquanelo, sobre la depresión de los Huarpes con alrededor de 200 centros eruptivos principales (Bermúdez & Delpino 1989). Dentro de este campo se encuentran volcanes freatomagmáticos (por ejemplo volcanes Malacara y Carapacho), ubicados al SE y SO de la laguna Llanquanelo actual.

El Campo Volcánico Payún Matrú (Payenia), que se encuentra al S del campo volcánico de Llanquanelo y cubre alrededor de 5.200 km<sup>2</sup> (Risso *et al.* 2008).

Ramos y Folguera (2011) consideran que la Provincia Geológica Payenia se encuentra dividida en tres segmentos, el norte que se extiende hasta el sur del río Atuel, el segmento central que está formado por tres campos volcánicos y el segmento sur que está formado por dos campos volcánicos. El segmento central de la Provincia Geológica Payenia donde se encuentra la mayor actividad volcánica, está formado por tres campos volcánicos, el campo volcánico de Cerro Nevado, el campo volcánico de Llanquanelo donde se encuentra el sitio de estudio y el campo volcánico Payún Matrú.

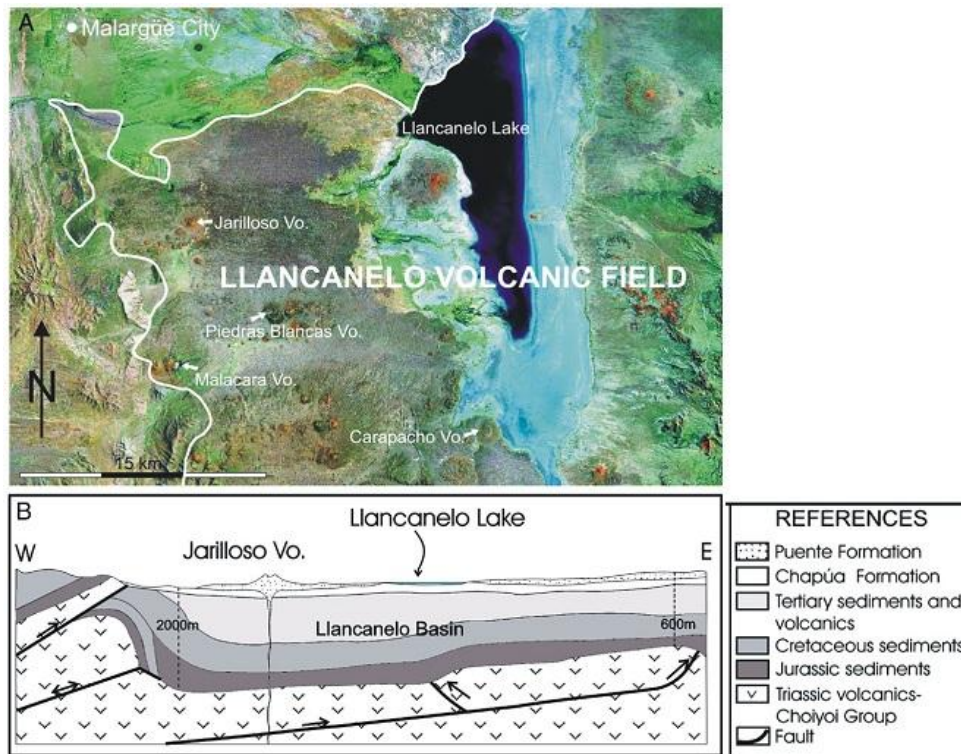


Figura 2. Campo Volcánico de Llanquanelo A. Imagen satelital LANDSAT 7. B. Sección estratigráfica de la Cuenca OE, sin escala (extraído de Risso *et al.* 2008).

En resumen, la laguna Llanquanelo se encuentra en la Depresión de los Huarpes, rodeada por conos volcánicos, siendo los más relevantes el Volcán Trapal al O, Cerro Coral al E y el Volcán Carapacho al S. Delimitando la laguna se encuentra, la Faja Plegada y Corrida de Malargüe al oeste, la Payenia al sur y el Bloque de San Rafael al E y N. (Figura 3)

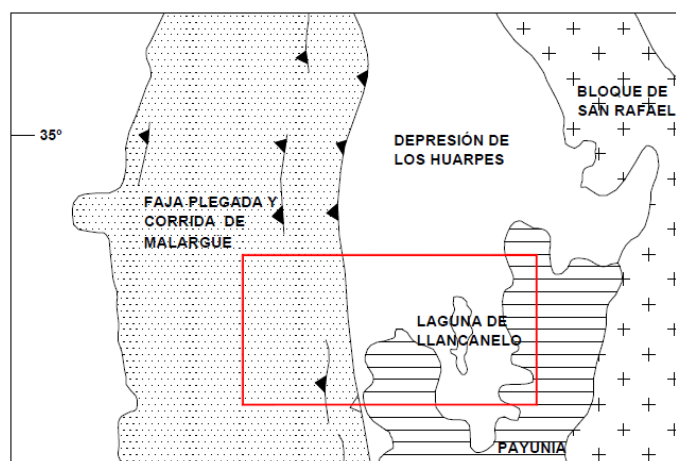


Figura 3. Delimitación del área de estudio, provincia de Mendoza (extraída de Kozłowski *et al.* 1993).



### **1.2. Aspectos biológicos**

Los estudios sobre los aspectos biológicos son escasos. La mayoría se realizaron para estudios de impacto ambiental en relación con la explotación petrolera. También existen relevamientos realizados por los guardaparques como registro de la flora y fauna presente.

Biogeográficamente, el área de estudio se encuentra en la transición entre la provincia de Monte y la Patagónica (Prina *et al.* 2003). Según los análisis florísticos y biogeográficos realizados por Martínez Carretero (2004), el área pertenece a una nueva provincia biogeográfica, la que denominó Provincia fitogeográfica de La Payunia, dentro del Dominio Andino-Patagónico. Este autor determinó que la misma presenta tres distritos: el de los matorrales, el de los pastizales y el de la vegetación halófila.

Al encontrarse la laguna en rutas migratorias de aves y ser zona de anidamiento de los flamencos (*Phoenicopterus chilensis*), los estudios acerca de la fauna en la región son mayoritariamente de aves. Estos estudios y relevamientos comenzaron en 1987 (Sosa 1995; Martínez *et al.* 1997; Sosa 1999; Sosa & Martín 2011) y el número de taxones registrados alcanza a 155 especies de aves acuáticas y no acuáticas (Sosa 1995).

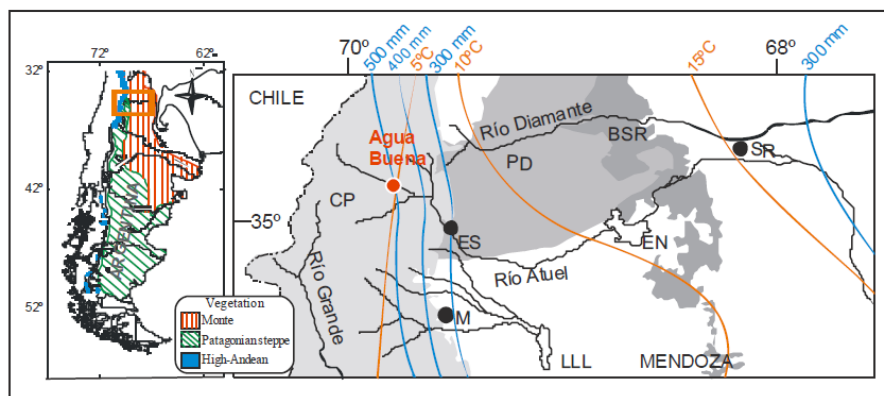
En el Bañado Carilauquen y en la zona de desembocadura de éste en la laguna se realizaron varias investigaciones, como la de Scheibler (2008) acerca de la biodiversidad de insectos acuáticos, concluyendo que la riqueza taxonómica y la diversidad son muy bajas en la región. Peralta & Fuentes (2005) analizaron el fitobentos, fitoplancton y zooplancton y en base a estas comunidades determinaron la calidad del agua clasificando el ambiente como eutrófico. Asimismo, se desarrollaron estudios acerca de moluscos actuales (Ciocco & Scheibler 2008; Scheibler & Ciocco 2011) y su significancia como paleoindicadores (De Francesco & Hassan 2009 y De Francesco 2010). Hassan *et al.* (2012) estudiaron el significado de las diatomeas actuales como indicadores paleoambientales en 45 sitios distribuidos en la provincia de Mendoza.

### **1.3. Aspectos Climatológicos**

Según los datos obtenidos de la base meteorológica ubicada en el aeródromo de Malargüe ([http://www.tutiempo.net/clima/Malargue\\_Aerodrome](http://www.tutiempo.net/clima/Malargue_Aerodrome)) entre los años 1974 – 2012 la temperatura media máxima registrada fue de 20 °C y la mínima de 5 °C, siendo la media anual de 13 °C. Los vientos predominantes son de dirección oeste en invierno y

noreste en época estival y su velocidad media anual es de 8 km/h. Las precipitaciones presentan una media anual de 377 mm. En otoño e invierno es precipitación nival y en verano lluvias, mayormente torrenciales, por lo tanto el clima es semiárido a árido. En la Figura 4 pueden observarse las medias anuales de temperatura y precipitación.

Las variaciones de precipitaciones en relación con el ENSO y las fluctuaciones interanuales producen cambios significativos en el tamaño de la laguna, no en profundidad pero si en el área que abarca, pudiéndose cuadruplicar en los períodos cuando coincide con el ENSO, tomando como unidad el área mínima de la laguna registrada (Isla *et al.* 2005).



**Figura 4.** Mapa con la ubicación de la laguna Llanquanelo (LL), líneas azules corresponden a las isohietas y las naranjas a las isotermas. Abreviaciones= BSR: Bloque de San Rafael, CP: Cordillera principal, EN: el Nihuil, ES: El Sosneado, M:Malargüe, PD: Pampa del Diamante, SD: Salina del Diamante y SR: San Rafael. (Tomado de Navarro *et al* 2010).

La laguna Llanquanelo se encuentra en la Diagonal Árida (Figura 5) la cual se extiende desde el norte de Perú a las costas patagónicas, presentando precipitaciones menores a 250 mm al año. Esta diagonal separa los núcleos lluviosos dependientes del Atlántico y Pacífico (Bruniard 1982). A ambos lados de esta diagonal, las reconstrucciones paleoambientales muestran un patrón hidrológico opuesto entre la Pampa y la Patagonia (Piovano *et al.* 2006). El patrón de circulación en el sur de Sudamérica está controlado por las masas de aire provenientes del Pacífico (Figura 6) que presentan sus máximas invernales, afectando las regiones al oeste y sur de la diagonal árida (Patagonia y Andes Centrales). Mientras que las masas de aire provenientes del Atlántico, con regímenes de lluvias estivales afectan la región al este de la diagonal (Piovano *et al.* 2009). Por su parte Bruniard (1982) localiza la superposición de estos dos regímenes en Malargüe, aunque destaca que el régimen Pacífico participa más en esta localidad.

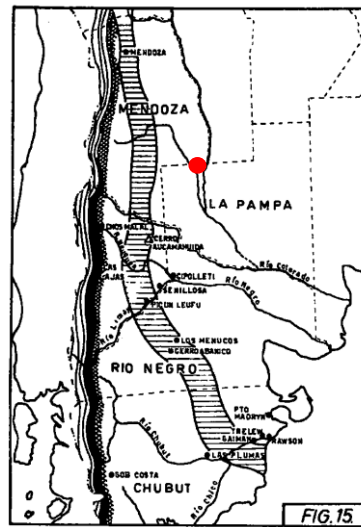


Figura 5. Mapa de la región del área de estudio (punto rojo ubicación de la laguna Llacanelo) donde se visualiza la diagonal árida (franja de líneas horizontales) Tomado de Bruniard 1982.

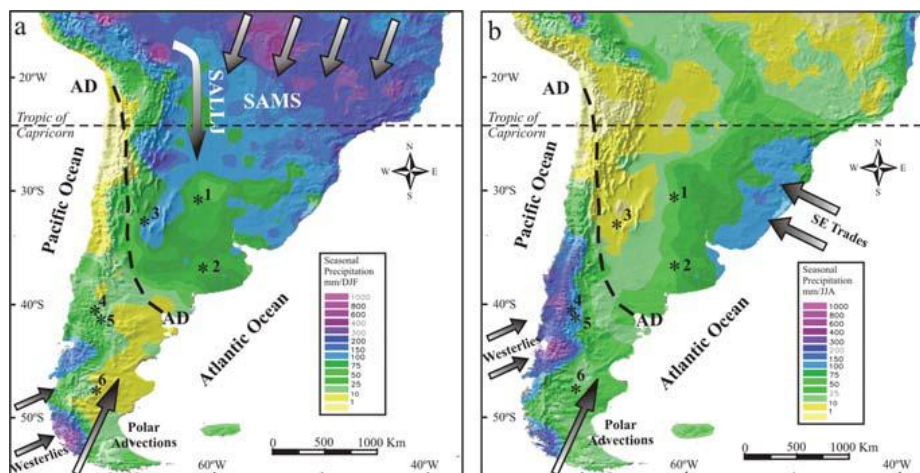


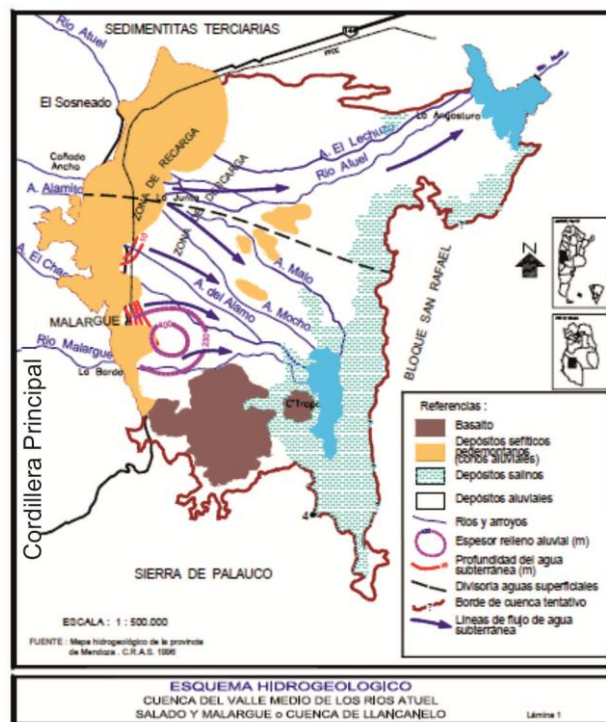
Figura 6. Patrones de circulación atmosférica estacional en Sudamérica (SASM: Monzón de verano de Sudamérica, SALL: Jets de bajos niveles de Sudamérica). (a) Precipitación Austral estival (b) Precipitación Austral invernal. Los números refieren a ambientes lacustres revisados por los autores del trabajo; (1) laguna Mar Chiquita; (2) lagunas Encadenadas del Sistema Oeste; (3) Salina del Bebedero; (4) lago Mascardi; (5) lago Frías; y (6) lago Cardiel. AD: Diagonal Árida (Tomado de Piovano *et al.* 2009).

Stingl & Garleff (1985) indican que en la región árida, Andina cuyana, se desarrollan glaciares tipo Cuyo, en los cuales la oscilación de humedad es la que los controlan y no la temperatura como en el caso de los glaciares de Patagonia. Espizua (2005) realizó estudios de glaciares en el Valle Valenzuela, concluyendo que el primer avance Neoglacial ocurrió ~ 5700-4400 años AP, el segundo ~2500-3000 años AP y el de la “Pequeña Edad de Hielo” finalizó entre 1451-1641 años cal. AD y 1460-1644 años cal. AD. Por su parte, Espizua &

Pitte (2009) determinaron, en el mismo valle, que el avance máximo de la “Pequeña Edad de Hielo” ocurrió durante el 1550-1720 AD y tuvo un avance subsiguiente ~1830 AD. En el Valle de Las Leñas, Zech *et al.* (2011) determinaron que existió un avance glacial máximo a los 42,3 ka, el cual estaría relacionado con una disminución de la temperatura (entre 6 y 8 °C) y un aumento marcado de la precipitación media anual (~30-150%) en comparación a las actuales.

**1.4 Cuenca de Llancañelo**

La cuenca de Llancañelo está formada por la laguna Llancañelo, el río Malargüe, los arroyos Chacay, El Mocho, El Malo y El Álamo, y los bañados Carilauquén, Carapacho, La Porteña y Los Menucos (Figura 7).



**Figura 7. Esquema hidrogeológico de la cuenca de los ríos Atuel, Salado y Malargüe. (Modificado de Hernández & Martinis s/f)**

**1.4.1. Laguna Llancañelo:** (Figuras 8 y 9)

Mediante imágenes satelitales puede observarse que la laguna se encuentra en la zona de playa de un típico abanico aluvial, el cual comienza en la cordillera. Debido a las

elevadas temperaturas y escasas precipitaciones que caracterizan a la zona, la playa que bordea la laguna al sur y al sureste está constituida por un salitral.

La laguna corresponde a una cuenca endorreica, muy llana con una profundidad media de 0,30 m y una máxima de 1,70 m (Figura. 10). Su superficie es de 28.000 ha, pero varía durante el año. Hubo ocasiones en los cuales la laguna llegó a su máximo nivel hidrométrico llegando a sobrepasar los límites de la reserva (65.000 ha máxima histórica Capítulo 2 Plan de Manejo participativo 2003). En otras ocasiones su superficie puede disminuir más del 50% durante sequías extremas (Figura 11). Es un paisaje típico de bolsón. Este sector es el más deprimido de la comarca. Se encuentra bordeado por la planicie aluvial pedemontana II definida por Nullo *et al.* (2005) que estaría relacionada al origen aluvial de los ríos Malargüe, Atuel y Salado (Dessanti 1978).

Los aportes que recibe la laguna, aparte de las precipitaciones, se dan tanto superficialmente como por vertientes de agua provenientes de la descarga de acuíferos en rocas basálticas, o vinculadas a ellas. Los aportes superficiales se dan en el N de la laguna y son principalmente por el Río Malargüe (en el que desembocan los arroyos El Chacay, El Álamo y El Mocho antes de drenar en la laguna) y el arroyo El Malo. En los sectores S, SO y SE, la laguna recibe aporte de vertientes subterráneas y están ausentes los tributarios superficiales. Estos aportes de aguas subterráneas se dan en las inmediaciones de la laguna formando cinco bañados: Los Menucos, Carilauquen, Carapacho, Carapacho Sur y La Porteña, los cuales drenan a la laguna. Por último, está la vertiente en la base del Cerro Coral, la que luego de recorrer pocos metros se infiltra y contribuye con agua en la laguna. Por lo tanto el agua disponible en la cuenca reconoce dos orígenes distintos: agua de los cursos superficiales y agua del acuífero de Llanquanelo. La única pérdida es la que resulta de la evaporación desde la laguna y de la evapotranspiración desde bañados y costas (Cátedra de Obras Hidráulicas-Cátedra de Ingeniería Ambiental, 2005).

El agua de la laguna es clorurada sulfatada sódica (Ostera & Dapeña 2003).



Figura 8. Vista panorámica de la laguna Llanquanelo desde la caldera del Cerro Trapal (a la derecha el sur)



Figura 9. Laguna Llanquanelo. A. La Playa, (O). B. Real de los Jueces, (NO). C. Norte de la laguna donde desemboca el Río Malargüe. D. Cerro Coral, (E). A, B y D Primavera. C Otoño

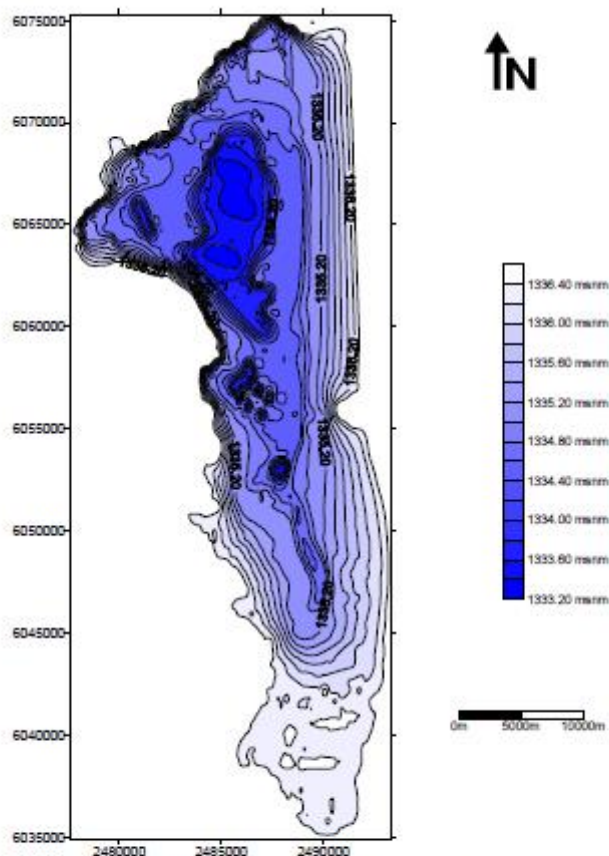


Figura 10. Batimetría de la laguna Llancanelo (extraída de Cátedra de obras hidráulicas, Cátedra de Ingeniería Ambiental 2005).

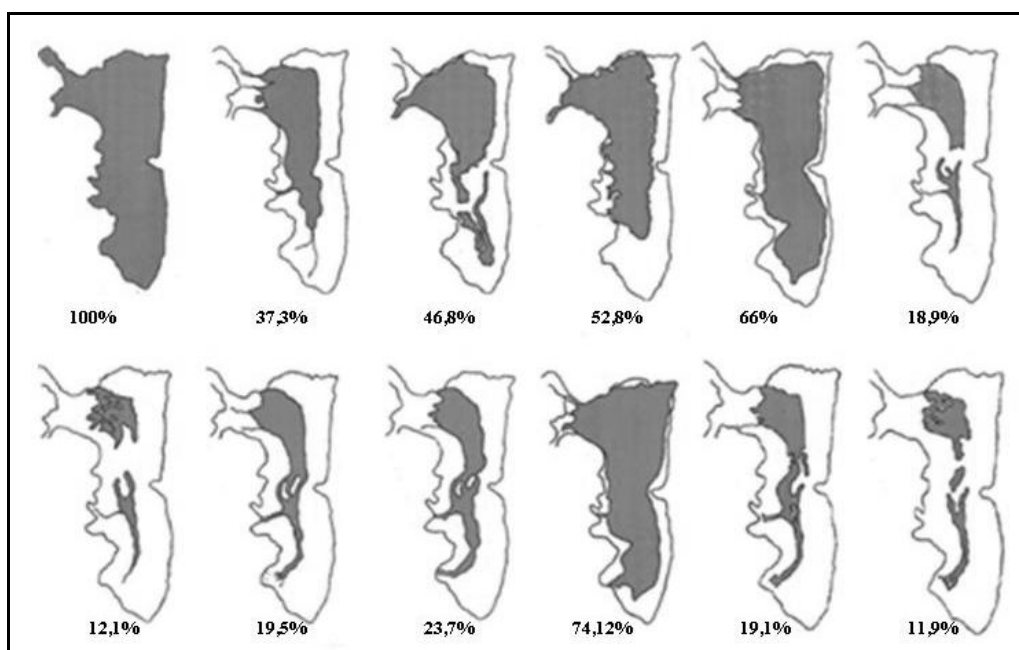


Figura 11. Fluctuaciones del espejo de agua en distintos años y temporadas (según Sosa en Capítulo 7 Plan de Manejo Participativo 2003). Los porcentajes indican el grado de llenado del espejo en función al 100 % considerando la cota máxima de la laguna.

### **1.4.2. Los Bañados:**

Los bañados se desarrollan en un relieve negativo donde una surgente de agua subterránea aflora. Estos forman un gran cuerpo de agua que luego se adelgaza a modo de arroyos que son afluentes de la laguna, aportándole agua dulce.

Los bañados se distribuyen al O y S de la laguna: bañados los Menucos al NO, Carilauquen y Carapacho (conocido anteriormente como Pozos de Llancanelo) al O, al SO el Bañado de Carapacho Sur (verdadero Bañado de Carapacho) y al SE el bañado o Aguada La Porteña.

Hay que tener en cuenta que como los bañados son una fuente de agua dulce en los alrededores de la laguna, además del río Malargüe, el ganado perteneciente a los puestos de la zona utiliza el recurso disturbando los cuerpos de agua.

Todos los bañados fueron muestreados exceptuando el bañado de Carapacho Sur por la dificultad de acceso y porque estaba muy seco.

La profundidad media de los bañados es variable, de 0,30 m en los Bañados de Carilauquen y Los Menucos hasta más de 4 m de profundidad como en el Bañado de Carapacho el cual se caracteriza por sus aguas termales. El origen térmico es mixto ya que hay una combinación de agua meteórica profundamente infiltrada y actividad volcánica que incide no sólo en la temperatura, sino también en la composición química, aportando gases, vapores y sólidos (Dessanti 1978).

Todos presentan sedimentos tipo limo arcilloso, con gran cantidad de materia orgánica.

#### **1.4.2.1 Bañado de Carilauquen** (Figura 12)

Se encuentra en el lado O de la laguna, en el camino hacia “La Playa”. Desde su nacimiento hasta la desembocadura en la laguna recorre 10 km (Peralta & Fuentes 2005), y llega a la laguna con una extensión de 866 ha. (Capítulo 5 Plan de Manejo Participativo 2003).

Es un bañado que se encuentra cerca de un puesto por lo que generalmente hay ganado en sus alrededores, pudiendo observarse animales muertos dentro y fuera. La profundidad generalmente es de 0,30 m pero se encuentran pozones de hasta 1,5 m de



profundidad (Peralta & Fuentes 2005). En invierno se congela superficialmente formando el hielo una lámina muy delgada.

El agua de este bañado es sulfatada clorurada cálcica (Ostera & Dapeña 2003).

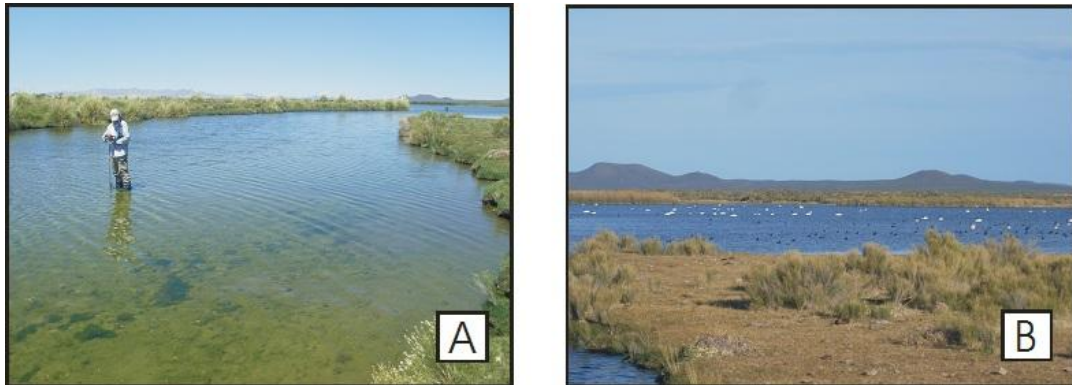


Figura 12. Bañado Carilauquen. A. Verano. B. Otoño

#### **1.4.2.2. Bañado La Porteña** (Figura 13)

Está situado del lado SE de la laguna y es el único bañado que se desarrolla al E de la laguna. Posee agua en forma permanente, pero en invierno se congela superficialmente alrededor de un 30%, y formando una lámina bastante gruesa.

Se encuentra en una zona donde se evidencia pastoreo y suelen encontrarse abundantes animales muertos en descomposición dentro del cuerpo de agua.



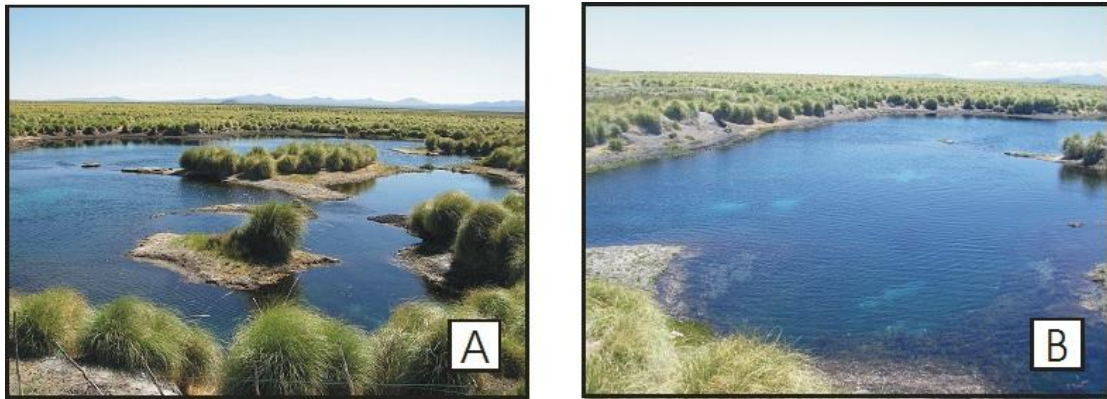
Figura 13. Bañado La Porteña. A. Primavera. B. Invierno

#### **1.4.2.3 Bañado Carapacho** (Figura 14)

Este bañado se ubica en el lado SO de la laguna. Es el bañado de mayor profundidad y se caracteriza por presentar surgentes de aguas termales, que afloran en unos grandes pozos de más de 4 m de profundidad (guardaparque com. per.). Ocupan un área de 1.283 ha. (Capítulo 5 Plan de Manejo Participativo 2003).

Esta vertiente denominada antiguamente Pozos de Llancanelo, es la que presenta mayor volumen de agua de todas las que rodean a la laguna de Llancanelo.

En la surgente presenta agua clorurada – sódica y en el sector medio y desembocadura hacia la laguna es de tipo clorurada – cálcica. (Cátedra de Obras Hidráulicas-Cátedra de Ingeniería Ambiental, 2005).



**Figura 14. Bañado Carapacho. A y B. Primavera. En B se observan regiones más claras que son los pozos.**

#### **1.4.2.4. Bañado Los Menucos** (Figura 15)

Se encuentra al NO de la laguna, en los alrededores del cerro Trapal. Se origina de surgentes que se encuentran en campos privados, fuera del área de reserva. Es un sistema que recorre unos 17 km de extensión (Capítulo 5 Plan de Manejo Participativo 2003).

Posee agua durante todo el año con un volumen bastante regular. En épocas invernales su superficie se suele congelar débilmente. Se conecta a la laguna Llancanelo a 3,36 km en línea recta respecto a la desembocadura del delta del río Malargüe.

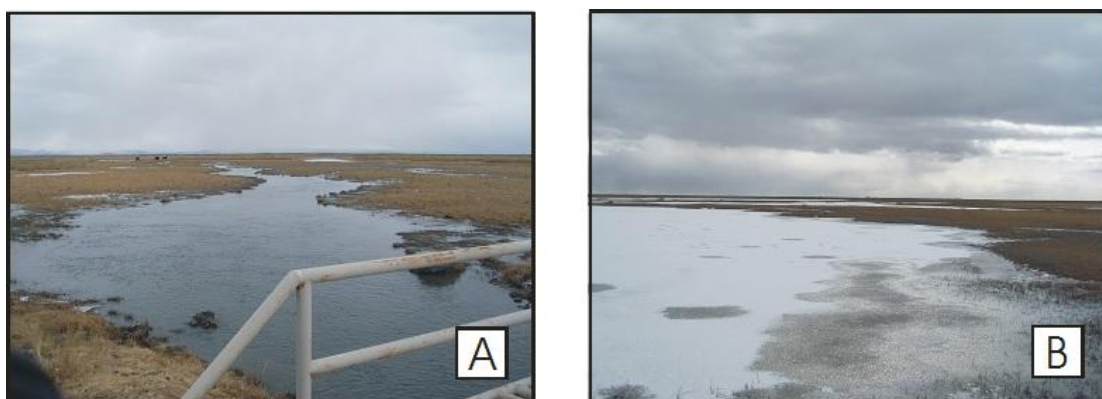


Figura 15. Bañado Los Menucos. A. Otoño. B. Invierno

#### **1.4.3. Caracterización de los ríos y arroyos:**

Los arroyos presentan cauces anchos y pocos profundos debido a su carácter intermitente y por la escasa pendiente que atraviesan hasta llegar a la laguna (Nuñez 1976)

##### **1.4.3.1. Río Malargüe** (Figura 16)

Es el afluente principal de la laguna. Se origina en la cordillera a 2.500 m.s.n.m. (Manzur 2005). Recibe numerosos afluentes a medida que fluye, siendo los arroyos El Chacay y El Mocho los más relevantes en la zona del “bajo de Llancanelo”. En esta zona, que es muy llana, toma un diseño individual distributivo, con sus brazos (Figura 17) que no poseen agua de forma permanente sino que existe una marcada fluctuación estacional, la que depende tanto del deshielo como de los aportes de los afluentes. El mayor caudal se presenta en primavera y verano dado por las nevadas relacionadas al Anticiclón Pacífico.

En la composición iónica del agua de este río se registra un alto contenido de bicarbonatos de calcio, siendo los valores de calcio, en otoño y primavera del año 2006 de 309 mg/l y 112 mg/l respectivamente, para el año 2007, primavera 166 mg/l, invierno 142 mg/l y para verano del 2008 de 174 mg/l. Los valores de sulfatos durante el invierno de 2006 fueron de 210 mg/l y en el verano de 2007 de 221 mg/l (Caracterización ecológica de los ríos del departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina, 2011). El agua es sulfatada clorurada cálcica (Ostera & Dapeña 2003).

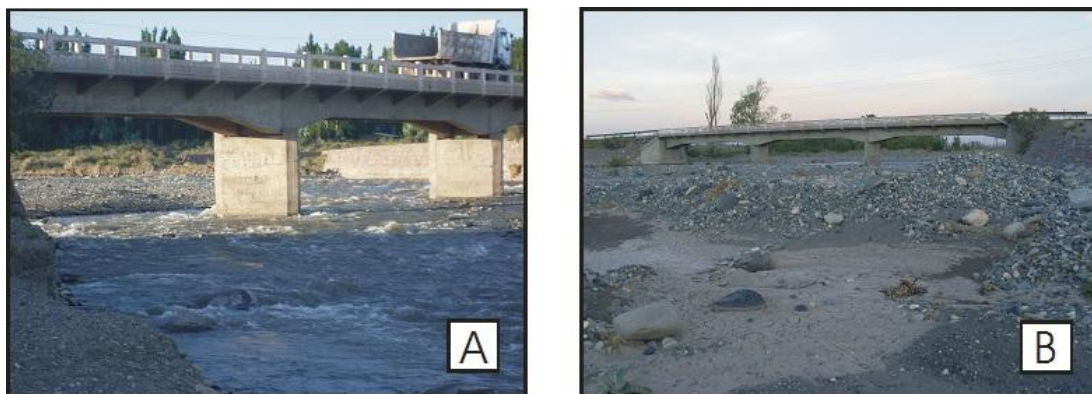


Figura 16. Río Malargüe a la altura de la ruta 40. A y B. Primavera.

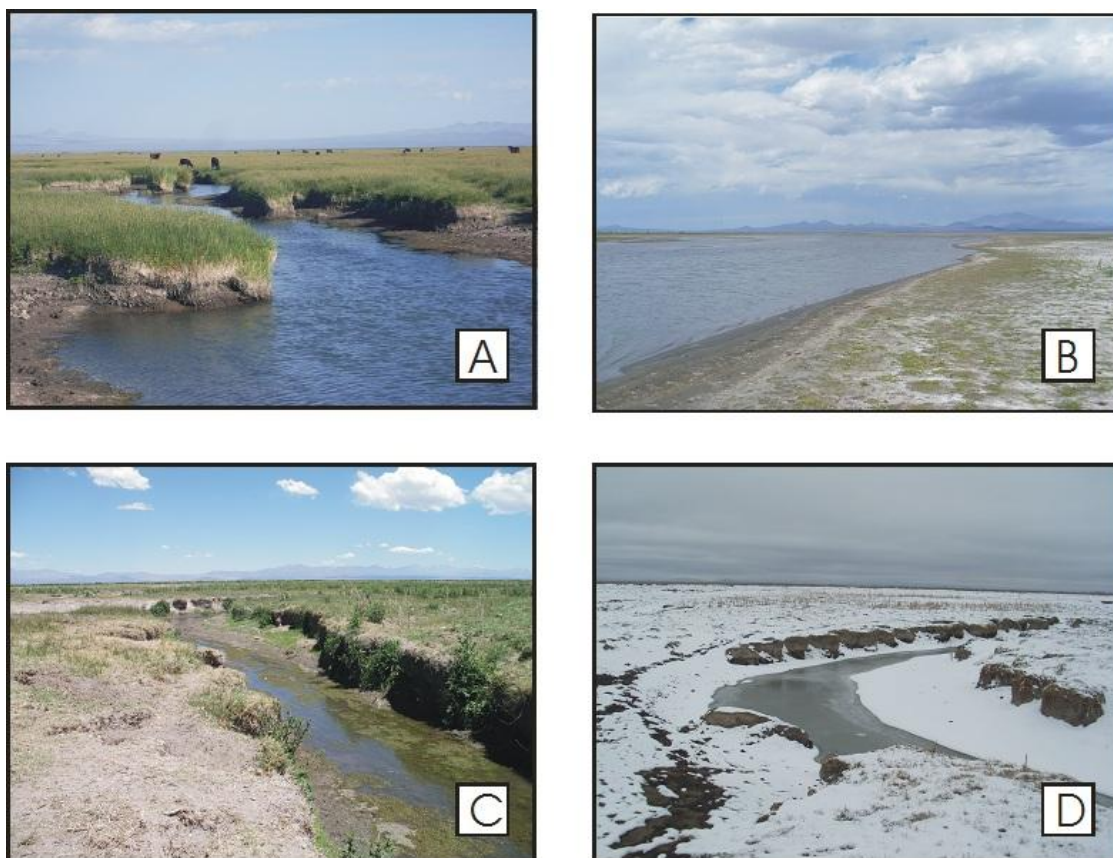


Figura 17. Diferentes partes del delta del río Malargüe. A y B. Verano. B. Brazo que llega a la laguna se evidencia la pérdida de pendiente. C. Otoño. D. Invierno.

#### 1.4.3.2. Arroyo El Chacay (Figura 18)

Se encuentra al N de la laguna, corre en sentido NE -SE. En su curso medio se ensancha formando "bañados" los que se encuentran en campos privados. Este arroyo es un tributario del río Malargüe, al cual se une en su curso inferior.

El agua es sulfatada – cálcica (Cátedra de Obras Hidráulicas-Cátedra de Ingeniería Ambiental 2005).

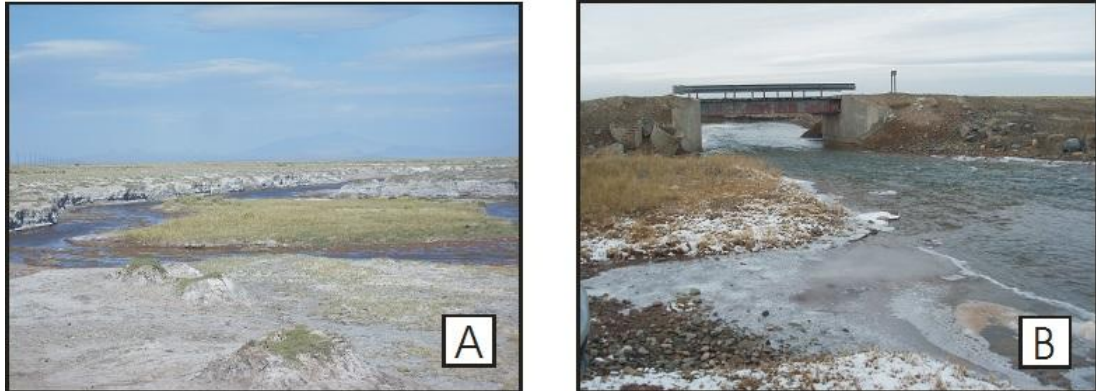


Figura 18. Arroyo El Chacay. A. Primavera. B. Invierno.

#### **1.4.3.3. Arroyo El Álamo** (Figura 19)

Este arroyo es un tributario del arroyo El Chacay, al cual se une en su curso inferior, antes de que éste se una al río Malargüe. Durante el año de muestreo estuvo seco.

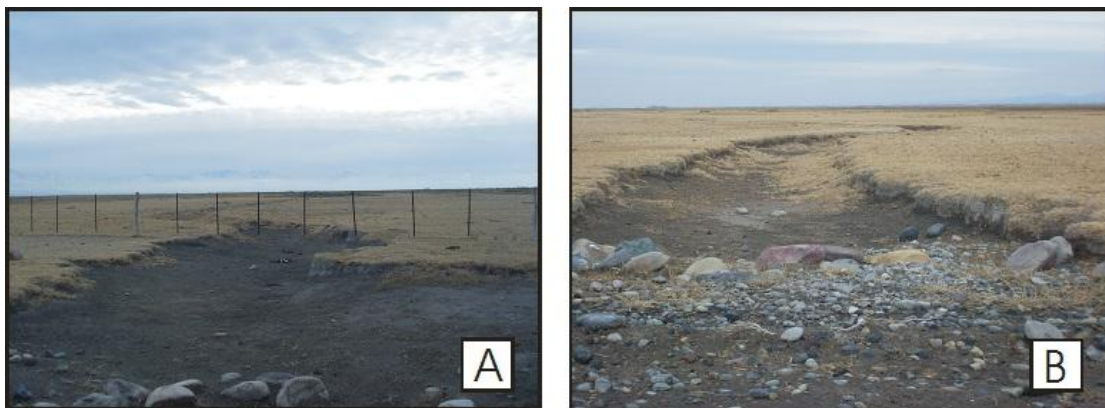


Figura 19. Arroyo El Álamo. A y B. Otoño

#### **1.4.3.4. Arroyo El Mocho** (Figura 20)

Este arroyo se origina en la zona cordillerana, y es un tributario de orden dos del Río Malargüe al que se le une en su curso inferior. Según Manzur (2005) este arroyo podría ser un antiguo cauce del río Salado. Presenta un caudal considerable, el cual fue mayor durante otoño e invierno, siendo durante el verano casi nulo.

El agua es clorurada – sódica (Cátedra de Obras Hidráulicas-Cátedra de Ingeniería Ambiental 2005).

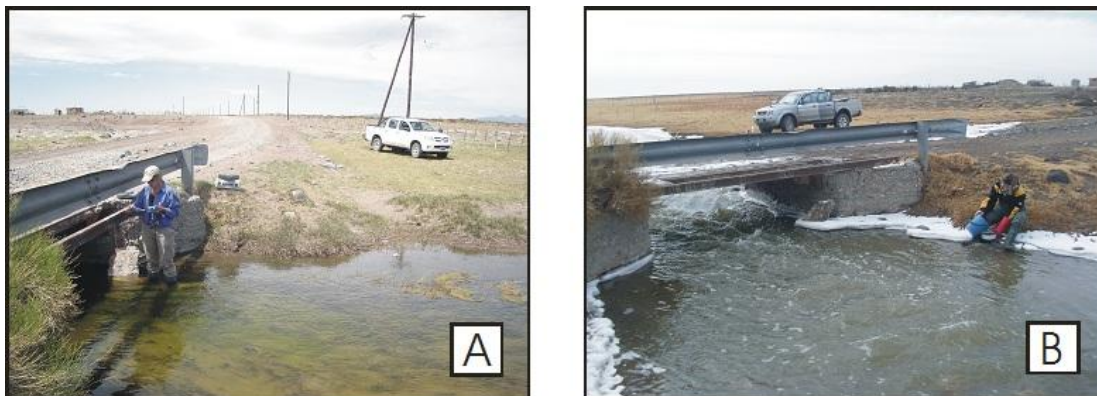


Figura 20. Arroyo El Mocho. A. Primavera. B. Invierno.

**1.4.3.5 Arroyo El Malo** (Figura 21)

Es un efluente del río Salado que desemboca de forma independiente en la laguna en su sector NE.

Este arroyo se encontró seco durante todas las estaciones de muestreo del año.

El agua es clorurada – sódica (Cátedra de Obras Hidráulicas-Cátedra de Ingeniería Ambiental 2005).

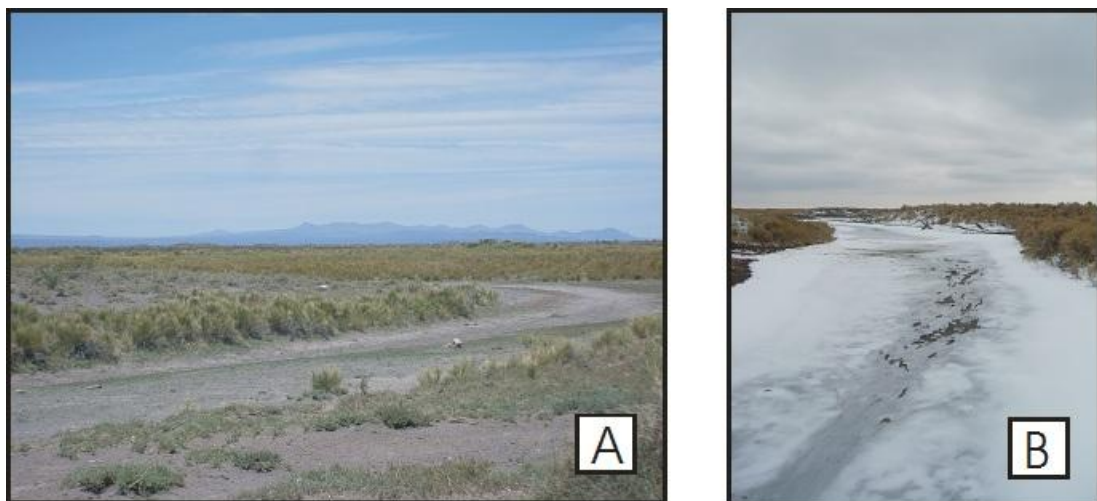


Figura 21. Imágenes del arroyo El Malo. A. Primavera. B. Invierno.

## Capítulo 2: Ostrácodos.



## **2.1. INTRODUCCIÓN**

Los ostrácodos son pequeños crustáceos acuáticos (longitud: 0,15 mm– 32 mm). Presentan un caparazón bivalvo que cubre por completo las partes blandas y es quitino-calcáreo. El crecimiento es determinado, por medio de mudas sucesivas (en un total de 8), forman sus valvas en equilibrio con el medio donde viven. Dada su alta potencialidad de fosilización, son de gran utilidad para estudios biostratigráficos y paleoambientales, extendiéndose el registro fósil hasta el Ordovícico, alrededor de 500 Ma (Horne *et al.* 2002).

Los ostrácodos son organismos de vida libre, y se hallan ampliamente distribuidos en ambientes marinos y no marinos, en todos los ambientes acuáticos estancados permanentes o temporarios, límnicos o salobres, epigeos o hipogeos, desde charcas conteniendo poca agua hasta grandes lagos o ambientes semiterrestres húmedos como el bosque tropical (Shornikov, 1980; Pinto *et al.*, 2005). Con frecuencia se los encuentra en fondos barrosos, entre hojas en descomposición o asociados con algas o vegetación acuática.

Existen especies comensales y parásitas. Son de hábitos bentónicos epifaunales o infaunales, aunque algunas especies pueden nadar cortas distancias.

Hasta el presente se conocen alrededor de 33.000 especies fósiles y actuales (Horne *et al.* 2002) de las cuales 2090 especies son actuales no marinas incluidas en alrededor de 209 géneros (Martens & Savatentalinton 2011).

### **2.1.1. Morfología general**

El cuerpo de los ostrácodos se encuentra comprimido dentro de dos valvas (VD: valva derecha y VI: valva izquierda), sin una tagmatización evidente. Presentan cuatro pares de apéndices cefálicos y tres pares de apéndices torácicos y el abdomen termina en un par de ramas caudales.

Horne *et al.* (2002), entre otros, describe la morfología de los apéndices cuyo conocimiento es importante en la determinación de las especies actuales. En esta tesis, el análisis de las partes blandas del material actual no es incorporado ya que excede los objetivos planteados: la taxonomía paleontológica e interpretación paleoambiental se basa en la morfología del caparazón/valvas.



### **2.1.2. Caparazón**

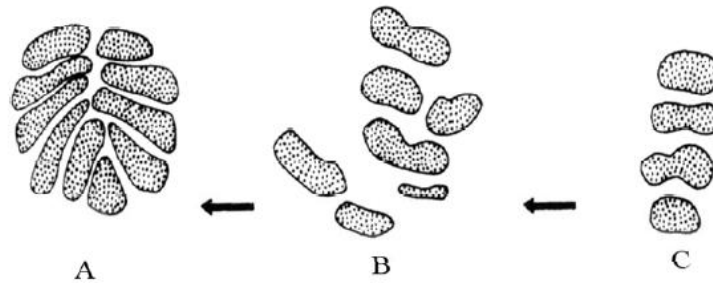
Cuando se produce la muerte del ostrácodo, las partes blandas se descomponen y sólo el caparazón calcáreo se conserva como fósil.

El cuerpo comprimido y alargado de los ostrácodos se encuentra totalmente encerrado en el caparazón, el cual cuando está totalmente cerrado ofrece protección ante posibles depredadores y, en algunas especies, resistencia a desecación temporaria del ambiente donde vive (Meish 2000).

El caparazón de los ostrácodos está formado por dos valvas de carbonato de calcio (calcita) con proporciones variables de elementos traza, cubierta por una capa de quitina. Estas valvas son segregadas por la epidermis originándose en la región de unión entre el céfalo y el tórax y extendiéndose hacia adelante, atrás y por debajo cubriendo completamente el cuerpo y los apéndices. Cada valva está formada por una lamela interna y una externa. La lamela externa está calcificada y la interna sólo en la parte periférica, denominada duplicadura que posee un desarrollo variable, puede fusionarse total o parcialmente a la lamela externa formando la zona marginal. El espacio entre lamelas se denomina vestíbulo. En la cara interna de la lámina externa calcificada se generan cicatrices o improntas por las partes blandas.

En la superficie interna de las valvas pueden observarse impresiones de los músculos aductores que se unen a la cara interna de las valvas. Estos músculos están formados por paquetes de musculatura estriada que se insertan perpendicularmente a la valva. Se encuentran en la mitad anterior del cuerpo y tienen por función cerrar las valvas al contraerse. La disposición y número de las fibras musculares forman un diseño característico, el cual es de importancia taxonómica y en la orientación de las valvas. En la región anterior dorsal se desarrolla la impronta muscular dorsal que comprende la unión de los músculos del primer y segundo par de antenas, mandíbulas y endoesqueleto. La disposición de estas improntas musculares es característica a nivel de superfamilia (Figura 1). La superfamilia Darwinuloidea presenta una disposición en roseta de 9-12 cicatrices. La superfamilia Cypridoidea posee una hilera de tres impresiones de aductores, con un grupo de impresiones posteriores a éstos y otros dorsales. Debajo de los aductores se encuentran dos impresiones mandibulares y dos músculos frontales situados frente a los mismos (existen variaciones entre los grupos). La superfamilia Cytheroidea presenta las impresiones musculares dispuestas en una hilera vertical con un diseño de cuatro a cinco músculos. La

impronta mandibular cuando está presente se encuentra frente a los aductores, al igual que las impresiones dorsales.



**Figura 1. Impresiones musculares. A Darwinuloideos, B Cypridoideos, C Cytheroideos (tomado de Meish 2000) La flecha indica la parte anterior del caparazón.**

En la región dorsal, levemente convexa en general, se encuentra la charnela (puede tener dientes, barras y/o fosetas), donde se articulan ambas valvas, la cual es de importancia taxonómica que puede ser adonta: es simple formada por un solo elemento, merodonta: formada por tres elementos dientes o fosetas laterales y surco o barra medial y anfidonta: es compuesta y está formado por cuatro elementos, donde el elemento medial posee una modificación en su extremo anterior, existen variantes de este tipo de charnela. En los Darwinuloideos la charnela es adonta, en los Cypridoideos es adonta o raramente merodonta, mientras que los Cytheroideos están presentes los tres tipos.

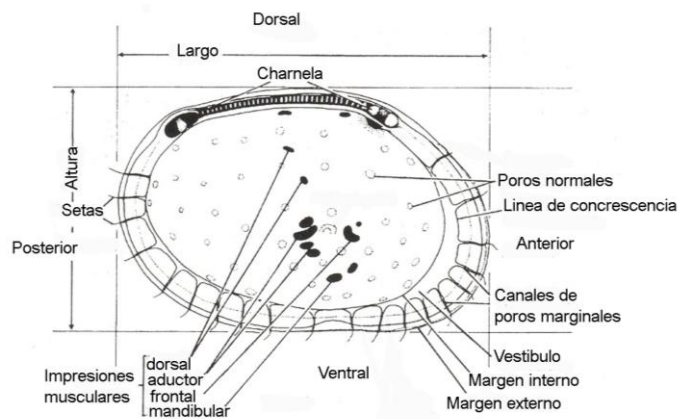
La superficie de la valva está cubierta por setas sensoriales, que se proyectan de los poros, los cuales se clasifican en poros marginales, que atraviesan la zona marginal, pueden ser cortos, simples o bifurcados, rectos o curvos, y los poros normales, que sólo atraviesan la lamela externa por lo cual son cortos y perpendiculares al plano de la valva (Laprida & Ballent 2008). La morfología y número de estos canales marginales son característicos a nivel de especie. También se encuentran los poros exocrinos, los cuales no poseen seta sensorial y posiblemente tengan una función relacionada a la muda (Horne *et al.* 2002).

Las valvas pueden ser completamente lisas o estar ornamentadas con reticulaciones, estrías, costillas, tubérculos, espinas. Esta ornamentación puede intensificarse de acuerdo a cambios ambientales (por ejemplo cambios en la salinidad). Las especies no marinas generalmente presentan una ornamentación más suave en comparación con las especies marinas que en general habitan zonas de mayor energía.

La coloración de muchos ostrácodos se debe a la pigmentación de la epidermis, la que puede ser verde, amarilla, parda, roja, azul, violeta y negra dispuesta en parches o rayas (Horne *et al.* 2002)

Los Podocopinos generalmente presentan una valva de mayor tamaño que la otra, la de mayor tamaño cubre a la menor en alguno de sus márgenes o completamente.

El tubérculo ocular es una protuberancia en la valva que se encuentra a nivel del ojo (ojo naupli) en aquellas especies que lo presentan, ya que algunos taxones lo perdieron (Horne *et al.* 2002). La presencia de ojo/tubérculo ayuda a orientar las valvas ya que siempre está en la parte dorsal y anterior del ostrácodo.



**Figura 2. Detalles de la estructura interna de la valva de *Loxoconcha elliptica* (hembra) (Tomado de Haslett 2002).**

### **2.1.3. Reproducción y desarrollo**

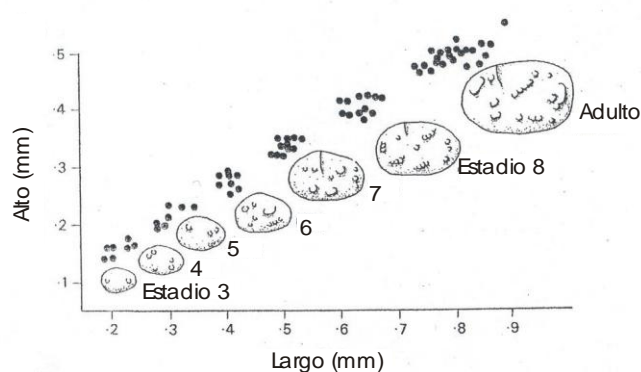
Los ostrácodos son organismos dioicos, con fecundación interna. La reproducción partenogenética es relativamente frecuente así como también hay especies con alternancia de partenogénesis y reproducción sexual.

El hecho de que los ostrácodos produzcan huevos de manera asincrónica, es típico de los ambientes inestables donde viven. Muchos ostrácodos depositan en el medio los huevos fecundados, los que quedan a merced de depredadores y expuestos a cambios del ambiente hasta que las larvas eclosionan. Algunas hembras llevan sus huevos e incluso los primeros estadios de desarrollo en las cámaras de cría que presentan en la parte posterior del caparazón (Maddocks 1992). La existencia de tales cámaras de incubación -común en la

mayoría de los Darwinuloideos, frecuente en los Cytheroideos y presente en algunos Cypridoideos- permite soportar períodos de sequía asegurando la recolonización cuando las condiciones son de nuevo propicias, aumentan la probabilidad de supervivencia en ambientes inestables y representan una preadaptación para la dispersión pasiva por el viento (Horne *et al.* 1998).

El crecimiento de los ostrácodos se produce por mudas. Se han descrito hasta ocho estadios entre la eclosión y la madurez sexual (Figura 3). Los estadios se enumeran de forma decreciente, siendo A el adulto y A-1 (Adulto menos 1) el penúltimo, y así se continua, A-2, A-3, etc. La nueva cutícula quitinosa es secretada por las células epidérmicas debajo de la anterior antes de que ocurra la expulsión de la vieja valva (Dwyer *et al.* 2002), formando su valva en equilibrio con el medio donde viven. La calcificación se completa dentro de las 7 horas luego de la muda (estudios en *Heterocypris* sp), desde los márgenes dorsal y ventral de la valva hacia el centro de la misma (Turpen & Angell 1971). El desarrollo de los apéndices varía en cada superfamilia, el primer estadio (A-8) posee tres pares de apéndices en Cytheroidea y Cypridoidea pero cuatro pares en Darwinuloidea (Meisch 2000). Los siguientes estadios juveniles van adquiriendo progresivamente los pares de apéndices. Los esbozos de los órganos reproductores aparecen en estadios (A-1) y son funcionales en el estado adulto.

El ciclo de vida de los ostrácodos puede durar desde pocos meses hasta máximo cuatro años como es el caso de *Darwinula stevensoni* (Horne *et al.* 2002).



**Figura 3. Desarrollo ontogenético de *Neocyprideis colwellensis*, se observa los cambios de la forma y el tamaño. (modificado de Keen 1977, tomado de Brasier 1980)**

#### **2.1.4. Dimorfismo sexual**

Se desarrolla en muchos ostrácodos, donde las valvas de los machos son de mayor tamaño que las hembras. Esto se puede observar sólo en los últimos estadios donde se desarrollan los órganos reproductores en los machos y las cámaras de cría en las hembras, donde retienen los huevos o los primeros estadios larvales. Las hembras que no poseen cámara de cría retienen los huevos o los primeros estadios larvales en la parte posterior de su caparazón desarrollando una zona más ancha y alta.

Los ovarios y testículos se encuentran dentro de la duplicatura, dejando marcas en la superficie interna de la lamella externa.

#### **2.1.5. Ecología:**

Los ostrácodos viven en ambientes marinos y no marinos, siendo los primeros ambientes más estables. Tanto la estabilidad del ambiente como la salinidad, la temperatura, el contenido de oxígeno disuelto, profundidad, como la naturaleza del sustrato son los parámetros físico químicos que determinan la distribución de los mismos. La salinidad es una de los factores más importantes, determinando en los ambientes no marino asociaciones pobres por encima del punto de precipitación de la calcita (aproximadamente  $1400 \text{ mg l}^{-1}$ ) siendo el límite de tolerancia para su desarrollo  $300 \text{ g l}^{-1}$  (Laprida & Ballent 2008).

#### **2.1.6. Clasificación:**

Los ostrácodos no marinos analizados en esta tesis se encuentran dentro del Orden Podocopida y pertenecen a tres superfamilias, Darwinuloidea, Cypridoidea y Cytheroidea.

Los Darwinuloidea son típicamente de agua dulce, aunque pueden encontrarse en ambientes levemente salinos. El registro fósil se extiende desde el Carbonífero (con dudas desde el Devónico).

Los Cypridoidea mayormente son especies no marinas. El registro fósil se extiende desde el Devónico con dudas pero con seguridad desde el Triásico.

Los Cytheroidea son generalmente de ambientes marinos y de transición, contando con pocas especies de agua dulce. El registro fósil se extiende desde el Ordovícico.

La información detallada anteriormente se basa entre otros en los trabajos de Benson *et al.* (1961), Van Morkhoven (1963), Ramírez (1967), Meisch (2000), Holmes *et al.* (2002), Laprida & Ballent (2008) y Karanovic (2012).

## **2.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los ostrácodos actuales fueron colectados estacionalmente en 18 sitios dentro de la Cuenca Llanquanelo y los fósiles fueron obtenidos de dos testigos extraídos en la costa de la Laguna Llanquanelo. Cada uno de estos muestreos será explicado con más detalles en los capítulos pertinentes. En este capítulo se presenta el análisis taxonómico de las especies colectadas, incluyendo una breve descripción y detallando la cantidad de material encontrado.

En material examinado, se especifica la cantidad total de valvas encontradas (en el caso de ser caparazones se contabilizaron las dos valvas), aclarándose si son actuales (en ambientes actuales, especificando el sitio exacto en el capítulo 3) o fósiles (en los testigos, los niveles donde se hallaron se detallan en el capítulo 4). Parte del material actual fue depositado en la Colección del Museo de La Plata, La Plata, Argentina (números MLP).

La determinación específica de los ostrácodos se realizó en base a la morfología de las valvas. Para la determinación taxonómica de los ostrácodos se utilizaron numerosos trabajos, incluyendo (Benson *et al.* 1961, Cusminsky & Whatley 1996, Cusminsky *et al.* 2005, Gutentag & Benson 1962, Higuti *et al.* 2007, Karanovic 2012, Laprida 2006, Laprida *et al.* 2006, Martens *et al.* 1997, 2008, Martens & Horne 2009, Martens & Rossetti 2002, Mezquita *et al.* 1997, Ramírez 1967, Rossetti *et al.* 1996, Rossetti *et al.* 1998, Rossetti & Martens 1998, Schwalb *et al.* 2002, entre otros).

Las valvas fueron fotografiadas con los Microscopios Electrónicos de Barridos (MEB) del Museo de La Plata (JEOL JSM 6360 LV), CCT-Mendoza (JEOL JSM 6610 LV) y en la Universidad de Wollongong, Australia (JEOL JSM 6490 LA). También se obtuvieron fotografías con Microscopio estereoscópico (Olympus SZ61(MO)) en el ILPLA.

La taxonomía superior de Ostracoda sigue la sinopsis de Martens & Savatnalinton 2011.

**RESULTADOS: ANÁLISIS TAXONÓMICO**

## TAXONOMÍA

ORDEN PODOCOPIDA Sars, 1866

SUBORDEN PODOCOPINA Sars, 1866

SUPERFAMILIA DARWINULOIDEA Brady & Robertson, 1885

FAMILIA DARWINULIDAE Brady & Robertson, 1885

GÉNERO *Darwinula* Brady and Robertson, 1870

***Darwinula stevensoni*** (Brady & Robertson, 1870)

GÉNERO *Alicenula* Rossetti & Martens, 1998

***Alicenula* sp.**

SUPERFAMILIA CYTHEROIDEA Baird, 1850

FAMILIA LIMNOCYTHERIDAE Klie, 1938

GÉNERO *Limnocythere* Brady, 1868

***Limnocythere rionegroensis*** Cusminsky & Whatley, 1996

***Limnocythere staplini*** Gutentag & Benson, 1962

FAMILIA CYTHERIDEIDAE Sars, 1925

GÉNERO *Cyprideis* Jones, 1867

***Cyprideis salebrosa hartmanni*** Ramirez, 1967

SUPERFAMILIA CYPRIDOIDEA Baird, 1845

FAMILIA ILYOCYPRIDIDAE Kaufmann, 1900

GÉNERO *Ilyocypris* Brady & Norman, 1889

***Ilyocypris ramirezi*** Cusminsky and Whatley, 1996

FAMILIA CYPRIDIDAE Baird, 1845

GÉNERO *Chlamydotheca* Saussure, 1858

***Chlamydotheca arcuata*** (Sars, 1901)

***Chlamydotheca* sp<sub>1</sub>**

***Chlamydotheca* sp<sub>2</sub>**

SUBFAMILIA CYPRIDOPSINAE Kaufmann, 1900

GÉNERO *Cypridopsis* Brady, 1867

***Cypridopsis vidua*** (Müller, 1776)

GÉNERO *Potamocypris* Brady, 1870

***Potamocypris smaragdina*** (Vávra, 1891)

SUBFAMILY CYPRINOTINAE Bronshtein, 1947

GÉNERO *Heterocypris* Claus, 1892

***Heterocypris incongruens*** (Ramdohr, 1808)

***Heterocypris salina*** (Brady, 1868)

***Heterocypris similis*** (Wierzejski, 1893)

SUBFAMILY EUCYPRIDINAE Bronshtein, 1947

GÉNERO *Eucypris* Vávra, 1891

***Eucypris fontana*** (Graf, 1931)

***Eucypris virgata*** Cusminsky & Whatley, 1996

SUBFAMILY HERPETOCYPRIDINAE Kaufmann, 1900

GÉNERO *Stenocypris* Sars, 1889

***Stenocypris* sp.**

**Cyprididae indet.<sub>1</sub>**

**Cyprididae indet.<sub>2</sub>**

FAMILIA CANDONIDAE Kaufmann, 1900

SUBFAMILIA CANDONINAE Kaufmann, 1900

GÉNERO *Candona* Baird, 1845

***Candona* sp<sub>1</sub>**

***Candona* sp<sub>2</sub>**

***Darwinula stevensoni*** (Brady & Robertson, 1870) (Figuras 3A-C)

**Descripción morfológica:** Caparazón alargado en vista lateral. La VD no presenta la barra postero ventral. La VI sin dientes. El margen dorsal se curva hacia la parte anterior. Márgenes anterior y posterior redondeados. Externamente se observa la cámara de cría. La VD es mayor que la VI. La superficie de la valva es lisa. La charnela es adonta.

Medidas de los ejemplares actuales fotografiados: VD: L= 0,61 mm y A= 0,24 mm; VI: L= 0,59 mm y A= 0,23 mm (n=47)

**Material examinado:** se hallaron 454 adultos (hembras) y juveniles (MLP 26898) en ambientes actuales de la Cuenca Llanquanelo.



**Observaciones:** Los especímenes son similares en las partes blandas y las valvas a los descritos por Rossetti & Martens (1998) pero son de menor tamaño.

**Registros previos en Argentina:** Esta especie fue descrita en ambientes recientes de la Provincia de Buenos Aires (Moguilevsky & Whatley 1995, Laprida 2006), Catamarca (Laprida *et al.* 2006) Santa Cruz, Río Negro y Neuquén (Ramón Mercau *et al.* 2012).

**Ecología y distribución:** *Darwinula stevensoni* se encuentra mayoritariamente en ambientes de agua dulce (González *et al.* 1981), en fondos barrosos de cuerpos de agua más o menos grandes y entre la vegetación de meandros y arroyos lentos (Moguilevsky & Whatley 1995). Según Gandolfi *et al.* (2001) esta especie puede vivir desde agua destilada a aguas con una conductividad de  $9,6 \text{ mS cm}^{-1}$  donde su movilidad es reducida, pero puede tolerarla. Sin embargo, en salinidades como el agua de mar ( $34 \text{ g l}^{-1}$ ) la inmovilización es completa. Según De Deckker (1981), un bajo número de individuos encontrados en ambientes de alta salinidad puede ser accidental, y no significa que la especie pueda vivir en este ambiente indefinidamente. *Darwinula stevensoni* se encuentra en hábitats alcalinos con relativamente baja oxigenación y temperatura intermedia (Kulkoyluoglu 2003).

***Alicenula* sp.** (Figuras 3D-E; 5A-B)

**Descripción morfológica:** El caparazón alargado o sub-cuadrangular en vista lateral. La VD no tiene la barra postero ventral y la VI no presenta dientes. La VI es mayor que la VD. El margen dorsal se curva hacia la parte anterior. Márgenes anterior y posterior redondeados. La superficie de la valva es lisa. Charnela adonta. Externamente se observa la cámara de cría.

**Medidas de los ejemplares actuales fotografiados:** VD: L= 0,63 mm y A= 0,26 mm; VI: L= 0,64 mm; A= 0,27 mm.

**Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados:** VD: L= 0,71 mm y A= 0,30 mm; VI: L= 0,73 mm y A= 0,32 mm.

**Material examinado:** se hallaron 280 adultos (hembras) y juveniles en ambientes actuales de la Cuenca Llananelo, 1874 adultos (hembras) y juveniles en el testigo LL3 y 172 adultos (hembras) y juveniles en el testigo LL10.

**Observación:** esta especie representa el primer registro del género en la Argentina. Las especies obtenidas en los testigos son de mayor tamaño que aquellas descritas por

Rossetti & Martens (1998). En base a los estudios de Rossetti & Martens (1998), las especies afines son *Alicenula serricaudata* y *A. furcabdominis*, la última no supera los 0,52 mm de largo mientras nuestros ejemplares llegaron hasta 0,71 mm. La única especie de este género registrada hasta ahora en la Región Neotropical es *Alicenula serricaudata* (Klie, 1935) en Brasil (Río Paraná Superior) por Higuti *et al.* (2009).

***Limnocythere rionegroensis*** Cusminsky & Whatley, 1996. (Figuras 5G-J)

**Descripción morfológica:** El caparazón es de tamaño mediano. Presentan marcado dimorfismo sexual. Las hembras presentan un caparazón reniforme, los machos son alargados, sub-ovales.

Medidas de los ejemplares fotografiados: ♂ VD: L= 0,58 mm y A= 0,25 mm; VI: L= 0,62 mm y A= 0,28 mm; ♀ VD: L= 0,54 mm y A= 0,30 mm; VI: L= 0,54 mm y A= 0,29 mm.

**Material examinado:** se hallaron 344 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL3 y 402 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL10.

**Observaciones:** Los ejemplares encontrados se corresponden con la descripción de Cusminsky & Whatley (1996) pero difieren en el tamaño ya que aunque tienen aspecto de adultos son de menor tamaño.

**Registros previos en Argentina:** Esta especie fue hallada en ambientes recientes de la Patagonia (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011, Ramón Mercau *et al.* 2012) y en sedimentos cuaternarios de la Patagonia (Cusminsky & Whatley 1996, Markgraf *et al.* 2003, Cusminsky *et al.* 2011).

**Ecología y distribución:** esta especie es un indicador de ambientes de altos niveles de salinidad que se producen como consecuencia de alto grado de evaporación y se encuentra en gran abundancia en ambientes efímeros y en baja abundancia en ambientes permanentes (Cusminsky *et al.* 2005). Ramón Mercau *et al.* (2012) concluye que podría considerarse una especie estenohalina que se encuentra en ambientes con aguas sódicas enriquecidas con cloruros, o sulfatos o bicarbonatos.

***Limnocythere staplini*** Gutentag & Benson, 1962. (Figuras 3F,G; 5C-F)

**Descripción morfológica:** El caparazón es de tamaño mediano, reniforme a sub-rectangular. El dimorfismo sexual es marcado. El caparazón de las hembras es reniforme a sub-cuadrado, alargado, adelgazándose hacia la mitad posterior. Las valvas son sub-iguales. En los machos el caparazón es sub-rectangular, con el margen dorsal recto y el margen ventral anterior y posterior se incurva profundamente cerca de la mitad de la valva. La superficie de las valvas presenta una delicada reticulación.

Medidas de los ejemplares actuales fotografiados: ♂ VD: L= 0,58 mm y A= 0,24 mm; ♀ VI: L= 0,55 mm y A= 0,28 mm.

Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: ♂ VD: L= 0,59 mm y A= 0,26 mm; VI: L= 0,66 mm y A= 0,28 mm; ♀ VD: L= 0,53 mm y A= 0,25 mm; VI: L= 0,59 mm y A= 0,28 mm.

**Material examinado:** se hallaron 9871 adultos (hembras y machos) y juveniles. (MLP 26899) en ambientes actuales de la Cuenca Llananelo, 33167 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL3 y 11921 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL10.

**Observaciones:** los ejemplares obtenidos son similares a los descritos por Gutentag & Benson (1962) pero difieren en su tamaño.

**Registros previos en Argentina:** Laprida (2006) citó a *L. sp. aff L. staplini* en ambientes recientes de la Provincia de Buenos Aires y Ferrero (1996) registró a esta especie en sedimentos lacustres cuaternarios de la Provincia de Buenos Aires. Sin embargo, este es el primer registro de *Limnocythere staplini* en ambientes actuales de la Argentina.

**Ecología y distribución:** Según Smith *et al.* (2002) *L. staplini* es una especie halobionte que vive en ambientes con salinidades mayores a 40 g l<sup>-1</sup>, pero es común encontrarla en cuerpos de agua con salinidades menores a 10 g l<sup>-1</sup>. Ambos sexos fueron encontrados en la Cuenca Llananelo indicando reproducción sexual que es la estrategia más relevante para esta especie para poder sobrevivir a los cambios ambientales, por ejemplo cambios de salinidad (Schwalb *et al.* 2002).

***Cyprideis salebrosa hartmanni*** Ramirez, 1967. (Figuras 6A-G)

**Descripción morfológica:** el caparazón es cuadrangular en vista lateral, son 2 veces más largos que altos. Existe un marcado dimorfismo sexual. La superficie de la valva está finamente punteada, algunos ejemplares juveniles presentan dos tubérculos prominentes en la mitad posterior de la valva.

La morfología de las valvas coincide con la descripción de Ramírez (1967) y Ornellas & Würdig (1983).

Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: ♂ VD: L= 1,21 mm y A= 0,56 mm; ♀ VI: L= 1,05 mm y A=0,56 mm. Juveniles A-1 VD: L= 0,80 mm y A= 0,40 mm; A-2 VD: L= 0,69 mm y A= 0,36 mm; A-3 VD: L= 0,45 mm y A= 0,29 mm; A-4 VD: L= 0,27 mm y A= 0,16 mm; A-5 VD: L= 0,22 mm y A= 0,13 mm.

**Material examinado:** se hallaron 888 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL3 y 34 adultos (hembras y machos) y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** *Cyprideis salebrosa hartmanni* fue descrito en sedimentos lacustres cuaternarios de la provincia Entre Ríos (Zabert & Herbst, 1986), de la provincia de Buenos Aires (Bertels & Martínez, 1990, Ferrero 1996, Bertels & Martínez 1997 y Laprida *et al.* 2009), en ambientes lacustres recientes de la provincia de Buenos Aires (Ramírez 1967 y Laprida 2006) y en ambientes recientes de estuarios de la Provincia de Buenos Aires (Martínez 2005, Cusminsky *et al.* 2006b).

**Ecología y distribución:** se considera esta especie como mixohalina que vive en ambientes con un rango de salinidad desde valores de menos  $1\text{ g l}^{-1}$  a  $29\text{ g l}^{-1}$  y en un rango de temperatura de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Ornellas & Würdig 1983). Laprida (2006) encontró a esta especie en ambientes lóticos y lagunas permanentes hipohalinas a oligohalinas.

***Ilyocypris ramirezi*** Cusminsky & Whatley, 1996. (Figuras 3H; 7A)

Poseen un caparazón es sub-rectangular.

Los ejemplares obtenidos son similares a los descritos por Cusminsky & Whatley (1996) pero difieren en el tamaño.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VD: L= 0,93 mm y A= 0,47 mm.

Medidas del ejemplar del testigo fotografiado: VI: L= 0,76 mm y A= 0,44 mm.

**Material examinado:** se hallaron 1760 adultos y juveniles. (MLP 26900) en ambientes actuales de la Cuenca Llanquanelo, 29 adultos y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** Esta especie fue descrita en sedimentos lacustres cuaternarios en la Patagonia (Cusminsky & Whatley 1996, Markgraf *et al.* 2003, Cusminsky *et al.* 2011) y en ambientes recientes de la Patagonia, (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011, Schwalb *et al.* 2002, Ramón Mercau *et al.* 2012) y de la provincia de Buenos Aires (Laprida 2006).

**Ecología y distribución:** Ramón Mercau *et al.* (2012) y Laprida (2006) indican que *I. ramirezi* es una especie eurihalina pero prefiere ambientes con baja salinidad. Esta especie fue registrada en agua con corriente y lagos efímeros, pero fue dominante en arroyos y charcas ("spring sepes") (Cusminsky *et al.* 2005). *Ilyocypris ramirezi* es considerada poco apta como indicador paleohidrológico según Ramón Mercau *et al.* (2012), ya que tolera amplios rangos de salinidad y composición de solutos en el agua.

***Chlamydotheca arcuata* Sars, 1901.** (Figura 3I)

**Observaciones:** Los ejemplares obtenidos son similares a los descritos por Díaz y Lopretto (2011), pero difieren por su mayor tamaño.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VD: L= 2,21 mm y A= 1,26 mm.

**Material examinado:** se hallaron 6 adultos (hembras) (MLP 26901) en el Bañado Carapacho.

**Registros previos en Argentina:** Esta especie fue hallada en ambientes actuales de las provincias de Misiones, Formosa, Corrientes y Buenos Aires (Díaz & Lopretto 2011).

**Ecología y distribución:** fue encontrada en lagunas temporales y arroyos del norte y centro de Argentina (Díaz & Lopretto 2011).

***Chlamydotheca* sp<sub>1</sub>.** (Figura 3J)

**Descripción morfológica:** El caparazón es alargado. En vista lateral la altura de la VD es mayor a la mitad de la longitud y la altura máxima de la valva se encuentra en la mitad anterior. La charnela es adonta. El margen dorsal es redondeado y el ventral es recto. El margen anterior presenta un borde lobulado y el margen posterior es redondeado con la

porción ventral posterior recta que termina en una pequeña prominencia. La superficie de la valva es lisa.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VD: L= 2,34 mm y A= 1,32 mm.

**Material examinado:** se halló 1 adulto (hembra) (MLP 26902) en el bañado Carapacho.

**Observaciones:** el hallazgo de sólo una valva de *Chlamydotheca* sp. hizo imposible la determinación a nivel específico.

### ***Chlamydotheca* sp<sub>2</sub>** (Figuras 3K-N)

**Descripción morfológica:** El caparazón es alargado, sub-ovalado. La altura máxima es mayor que la mitad de la longitud y se encuentra en la parte anterior de la valva. La VI es más grande que la VD. La charnela es adonta. El margen dorsal es redondeado y el ventral casi recto. El margen anterior es fuertemente redondeado con un borde lobulado terminado en una pequeña prominencia. El margen posterior es redondeado. La superficie de las valvas presenta ornamentación reticulada muy marcada bastante regular y cubierta de abundantes pelos. El margen posterior externamente posee una espina sub-terminal conspicua y muchas espinas diminutas.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VD: L= 1,73 mm y A= 0,98 mm; VI: L= 1,78 mm y A= 0,97 mm.

**Material examinado:** se hallaron 4 adultos (hembras) (MLP 26896 y 26897) en el Bañado Carapacho.

**Observaciones:** Esta especie es muy similar a las pertenecientes al grupo *iheringi* (Roessler, 1986): *C. iheringi* (Sars, 1901), *C. elegans* (Roessler, 1986), *C. mayor* (Roessler, 1986), *C. magdalenensis* (Roessler, 1986) y *C. unispinosa* (Roessler, 1986). Estas especies se caracterizan por la presencia de una espina conspicua ubicada en el margen externo postero-ventral de la VD y acompañado por un proceso tipo labio poco desarrollado en el borde anterior de la valva.

Existe otra especie: *Chlamydotheca mckenziei* Kotzian (1974) que presenta una espina en el borde posterior pero los ejemplares aquí estudiados difieren en el tamaño y la forma del caparazón. El solapamiento de las valvas difiere entre las especies del grupo. En *C. mayor*, *C. tolimensis* y *C. sp. 2.* la VI es mayor a la VD. En *C. elegans*, *C. magdalensis* y *C. iheringi* ambas valvas son iguales y en *C. unispinosa* la VD es mayor a la VI.

***Cypridopsis vidua*** (Müller 1776). (Figuras 4A; 6H)

El caparazón es ovoide.

Los especímenes son similares a los descritos por Meisch (2000), pero la superficie de las valvas posee conspicuas y numerosas depresiones a modo de “hoyos” que cubren toda la valva.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VI: L= 0,62 mm y A= 0,40 mm.

Medidas del ejemplar del testigo fotografiado: VD: L= 0,62 mm y A= 0,39 mm.

**Material examinado:** se hallaron 281 adultos (hembras) y juveniles (MLP 26904) en ambientes actuales de la Cuenca Llanquanelo, 7 adultos (hembras) y juveniles en el testigo LL3 y 6 adultos (hembras) y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** Esta especie fue registrada en ambientes lacustres actuales de la provincia de Buenos Aires (Cusminsky *et al.* 2006b, Laprida 2006; Liberto *et al.* 2012) y en sedimentos lacustres cuaternarios de Chaco (Zabert 1981), Entre Ríos (Zabert & Herbst 1986) y Buenos Aires (Bertels & Martinez 1997).

**Ecología y distribución:** *Cypridopsis vidua* es una especie cosmopolita, euritopa que tolera amplios rangos de pH, temperatura y salinidad. Se encuentra mayoritariamente en aguas frías con elevada concentración de oxígeno (Kulkoyluoglu 2003) aunque también se halla en aguas tranquilas, poco profundas y permanentes (Zabert 1981).

***Potamocypris smaragdina*** (Vávra, 1891). (Fig. 4B)

**Descripción morfológica:** El caparazón es sub-triangular alargado, la altura máxima se encuentra en la mitad anterior de la valva. El margen ventral es cóncavo. La superficie de la valva es lisa.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VI: L= 0,65 mm y A= 0,34 mm.

**Material examinado:** se hallaron 23 adultos (hembras) (MLP 26905) en ambientes actuales de la Cuenca Llanquanelo (arroyos y bañados).

**Registros previos en Argentina:** *Potamocypris smaragdina* fue encontrada en ambientes lacustres actuales en la provincia de Buenos Aires (Ramírez 1967) y en Patagonia (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011, Ramón Mercau *et al.* 2012).

**Ecología y distribución:** *Potamocypris smaragdina* es una especie estenohalina, que vive exclusivamente en ambientes de baja salinidad (Ramón Mercau *et al.* 2012) y en aguas bicarbonatadas dominadas por  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . *Potamocypris smaragdina* se halló también en aguas de baja alcalinidad (Cusminsky *et al.* 2011).

***Heterocypris incongruens*** Ramdohr, 1808. (Figuras 4C, D)

**Descripción morfológica:** El caparazón es sub-ovalado en vista lateral. La altura máxima se encuentra en la mitad de la valva. La superficie de las valvas es lisa.

Medidas del ejemplar actual fotografiado: VD: L= 1,14 mm y A= 0,67 mm.

**Material examinado:** se hallaron 590 adultos (hembras) y juveniles. (MLP 26903) en ambientes actuales de la Cuenca Llanquanelo (arroyos y bañados).

**Registros previos en Argentina:** fue encontrada en ambientes actuales de la provincia de Buenos Aires (Ramírez 1967, Laprida 2006) y de la Patagonia (Schwalb *et al.* 2002, Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011). También se la halló en sedimentos lacustres cuaternarios de la Patagonia (Markgraf *et al.* 2003)

**Ecología y distribución:** *Heterocypris incongruens* es una especie cosmopolita y euritopa, que puede tolerar salinidades superiores a  $20\text{g l}^{-1}$  y temperaturas desde  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en ambientes lóticos y lénticos (Külköylüoğlu & Vinyrad 2000; Laprida 2006). Según Meish (2000) esta especie está asociada a aguas frías, con corriente de distintas velocidades.

Cusminsky *et al.* (2005) registraron a esta especie en ambientes con agua estancada, y concluyeron que se desarrolla más rápidamente en aguas bien oxigenadas.

***Heterocypris salina*** (Brady, 1868). (Figura 7B)

**Descripción morfológica:** Valva sub-triangular en vista lateral, la mayor altura se encuentra desplazada hacia la mitad anterior. El margen ventral es levemente cóncavo. La superficie de la valva es lisa.

Medidas del ejemplar del testigo fotografiado: VD: L= 0,91 mm y A= 0,54 mm.

**Material examinado:** se halló una valva adulta (hembra) en el testigo LL3 y 3 adultos (hembras) y juveniles en el testigo LL10.



**Ecología y distribución:** Según Meish (2000) esta especie se encuentra comúnmente en aguas ligeramente salinas en rangos de oligohalina a mesohalina (0 a 18 ‰). También puede encontrarse en agua dulce, preferentemente asociada a ambientes con corriente.

*Heterocypris salina* presenta una distribución neotropical (Martens & Savatentalinton 2011) con registro en Chile (Martens & Behen, 1994).

**Observaciones:** Es el primer registro para la Argentina.

***Heterocypris similis*** (Wierzejski, 1893). (Figuras 7C-D)

**Descripción morfológica:** Caparazón sub-ovalado alargado en vista lateral. El margen ventral es recto, los márgenes anterior, posterior y dorsal son redondeados. La superficie de la valva es lisa.

Medidas de los ejemplares fotografiados del testigo: ♂ VI: L= 0,83 mm y A=0,43 mm; ♀ VD: L=0,73 mm y A= 0,40 mm.

**Material examinado:** 21 adultos (machos y hembras) y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** *Heterocypris similis* fue encontrada en ambientes actuales de la provincia de Buenos Aires (Laprida 2006).

**Ecología y distribución:** Laprida (2006) registró su presencia en ambientes lóticos, en la zona litoral de lagunas permanentes y en ambientes temporarios con salinidad hasta 18 ‰. Es considerada como indicador de condiciones hipohalinas por Laprida *et al.* (2006).

***Eucypris fontana*** Graf, 1931. (Figuras 6J-L)

**Descripción morfológica:** El caparazón es de tamaño grande, reniforme en vista lateral, el margen dorsal es arqueado. Las valvas se afinan hacia la parte posterior. La superficie de la valva es lisa en los adultos, exceptuando el margen anterior ventral con tubérculos. Los juveniles presentan marcadas reticulaciones en la superficie.

Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: ♀ VI: L= 1,24 mm y A= 0,76 mm; ♀ VD: L= 1,17 mm y A= 0,57 mm. Juvenil VD: L= 0,41 mm y A= 0,22 mm.

**Material examinado:** se hallaron 8677 adultos y juveniles en el testigo LL3 y 4356 adultos y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** Se encontró en ambientes recientes de la Patagonia (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011, Ramón Mercau *et al.* 2012), en sedimentos cuaternarios de la Patagonia (Cusminsky & Whatley 1996).

**Ecología y distribución:** Según Cusminsky *et al.* (2005) es muy abundante en lagunas permanentes y es común en ríos y manantiales. Según Ramón Mercau *et al.* (2012), es eurihalina tolerando amplios rangos de salinidad y composición de solutos en el agua, por lo que la considera poco apta como indicador paleohidrológico.

***Eucypris virgata*** Cusminsky & Whatley, 1996. (Figura 6I)

**Descripción morfológica:** El caparazón es de tamaño grande, reniforme en vista lateral, y el margen dorsal es arqueado. Las valvas se afinan hacia la parte posterior. La superficie presenta marcada ornamentación a modo de nervaduras.

Los ejemplares encontrados corresponden a la descripción de Cusminsky & Whatley (1996).

Medidas del ejemplar del testigo fotografiado: Juvenil VD: L= 0,39 mm y A= 0,21 mm.

**Material examinado:** 334 adultos y juveniles en el testigo LL3 y 84 adultos y juveniles en el testigo LL10.

**Registros previos en Argentina:** *Eucypris virgata* fue registrada en ambientes recientes de la Patagonia (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011, Ramón Mercau *et al.* 2012), en sedimentos cuaternarios de la Patagonia (Cusminsky & Whatley 1996).

**Ecología y distribución:** esta especie fue hallada en lagos y lagunas permanentes, así como en arroyos y ambientes temporarios (Cusminsky *et al.* 2005). Es eurihalina, considerándose poco apta como indicador paleohidrológico (Ramón Mercau *et al.* 2012).

***Stenocypris* sp.** (Figs. 4E–G)

**Descripción morfológica:** El caparazón es alargado en vista lateral. Los márgenes anterior y posterior son redondeados. El margen dorsal es recto. El margen ventral es levemente cóncavo hacia la mitad de la valva. La VI es de mayor tamaño que la VD. La VI con un gran desarrollo de la lamela interna a lo largo del margen anterior y posterior y de escaso desarrollo en el ventral. Vestíbulo en VI bien desarrollado en la región anterior y posterior.

“Selvage” de la VI desplazado del margen exterior hacia el interior de la valva. “Selvage” de la VI con conspicuas setas. Zona marginal bien desarrollada.

La VD presenta la lamela interna bien desarrollada en el margen anterior y posterior. La VD presenta un vestíbulo de desarrollo intermedio en el margen anterior y posterior.

La superficie de la valva es lisa con numerosas setas marginales, la superficie interna de la valva con poros grandes. Charnela adonta. El solapamiento VI/VD en la región anterior es pronunciado.

Medidas de los ejemplares actuales fotografiados: VD: L= 1,86 mm y A= 0,78 mm; VI: L=2,20 mm y A= 0,86 mm.

**Material examinado:** se hallaron 50 adultos y juveniles en ambientes recientes de la Cuenca Llanquanelo (arroyos y bañados).

**Ecología y distribución:** Es el primer registro del género en Argentina. La única especie de este género encontrada en la Región Neotropical es *Stenocypris major* en Brasil (Martens & Behen 1994).

### **Cyprididae indeterminado<sub>1</sub>** (Figuras 4H-K y 7E)

**Descripción morfológica:** de los ejemplares actuales se han encontrado sólo valvas derechas. La morfología de las mismas es sub-triangular con la altura máxima en la mitad anterior, el margen ventral es recto. El margen anterior y posterior de la VD presenta pequeñas espinas y una espina conspicua en la mitad ventral posterior de la valva. La superficie de la valva es estriada y cubierta con tubérculos prominentes.

De los ejemplares del testigo sólo se han encontrado valvas izquierdas. La valva izquierda es sub-triangular con una altura máxima en la mitad anterior, el margen ventral es recto. Las valvas presentan una morfología similar a las valvas recientes pero no presentan la espina en la mitad posterior de la valva ni en el margen anterior ni posterior.

Medidas de los ejemplares actuales fotografiados: VD: L= 0,86 - 1,32 mm y A= 0,53 - 0,76. La espina de mayor tamaño mide L= 0,13 - 0,25 mm y de la valva rota que parecería ser de un adulto L= 0,97 mm.

Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: La VI: L=0,76 mm y A= 0,44 mm.

**Material examinado:** se hallaron ocho valvas derechas juveniles (MLP 26906) en ambientes actuales del delta del Rio Malargüe y cuatro valvas izquierdas juveniles en el testigo LL10.

**Observaciones:** No fue posible determinar el género de esta especie ya que únicamente se encontraron valvas juveniles y una sola valva de un adulto muy rota.

#### **Cyprididae indeterminado<sub>2</sub>** (Fig. 6M)

**Descripción morfológica:** El caparazón es sub-triangular alargado. La VD con la máxima altura en la mitad anterior de la valva. El margen ventral es recto. El margen anterior y el posterior son redondeados. La charnela es adonta. La lamela interna está poco desarrollada. La superficie de la valva es lisa.

Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: VD: L= 0,54 mm y A= 0,26 mm.

**Material examinado:** se hallaron siete valvas juveniles en el testigo LL3.

**Observaciones:** No fue posible determinar el género ya que solamente se encontraron valvas juveniles.

#### **Candona sp<sub>1</sub>** (Figura 7F)

**Descripción morfológica:** El caparazón es sub-elíptico en vista lateral, y la altura máxima se encuentra en la mitad de la valva. El margen dorsal es convexo y el ventral cóncavo. Los márgenes anterior y posterior son redondeados. La charnela es adonta. La superficie de la valva es lisa.

Medidas del ejemplar del testigo fotografiado: Juvenil VD: L=0,46 mm y A= 0,24 mm

**Material examinado:** se hallaron 27 adultos y juveniles en el testigo LL10.

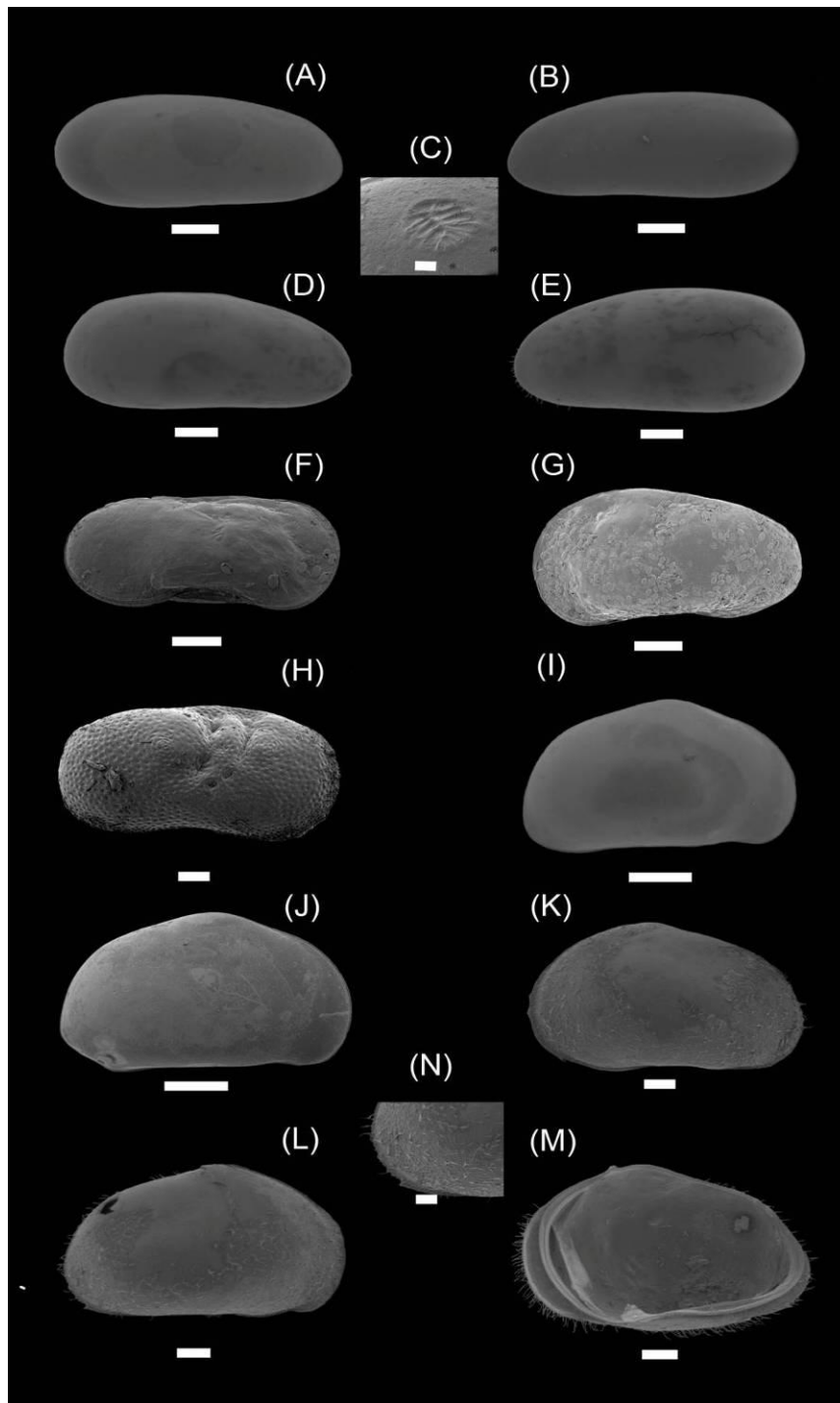
#### **Candona sp<sub>2</sub>** (Figura 7G)

**Descripción morfológica:** El caparazón es alargado en vista lateral, y la altura máxima se encuentra en la mitad posterior. El margen ventral es recto. El margen dorsal es recto hasta la altura máxima y luego se redondea hacia el margen posterior. Los márgenes anterior y posterior son redondeados. La charnela es adonta. La superficie de la valva es lisa.

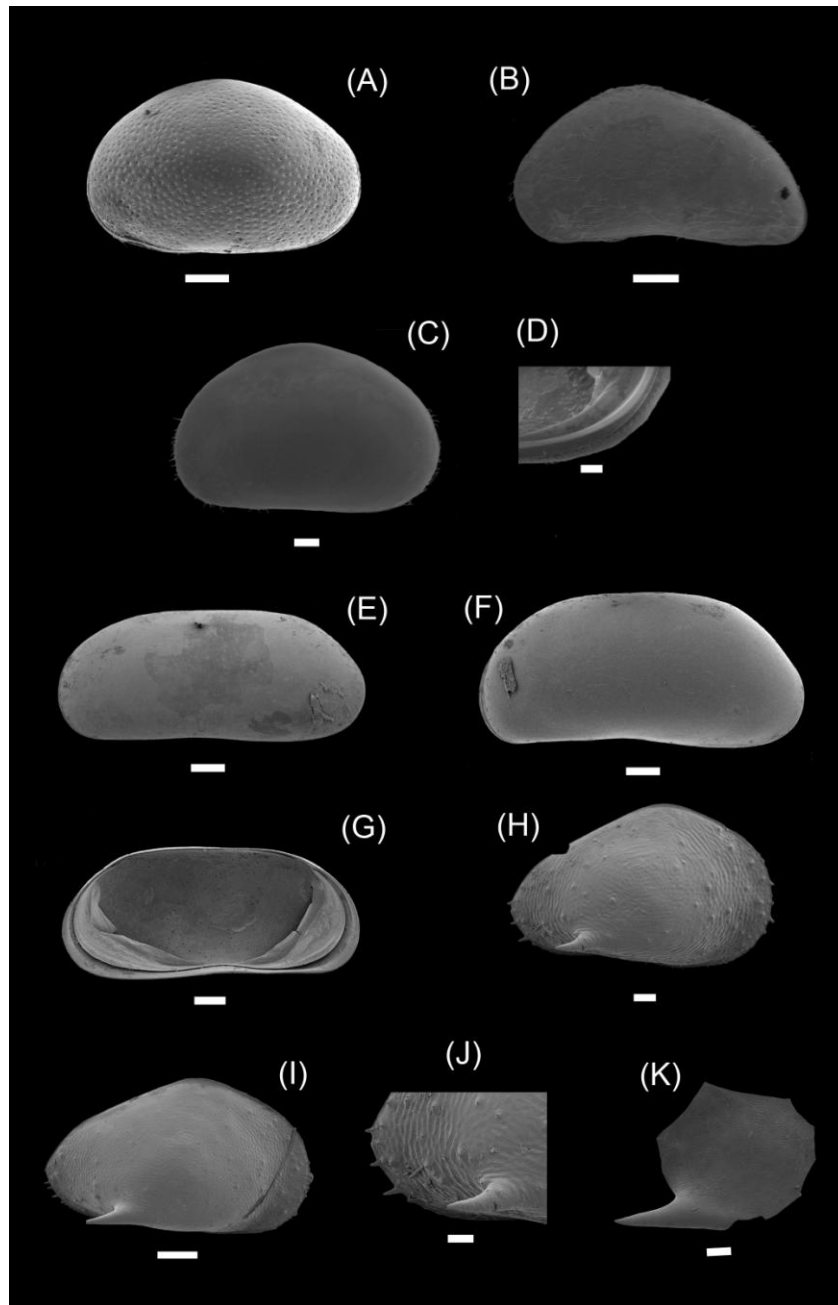
Medidas de los ejemplares del testigo fotografiados: VD: L= 0,64 mm y A= 0,28 mm; VI: L= 0,74 mm y A= 0,36 mm.

**Material examinado:** se hallaron seis adultos y juveniles en el testigo LL3 y 15 adultos y juveniles en el testigo LL10.

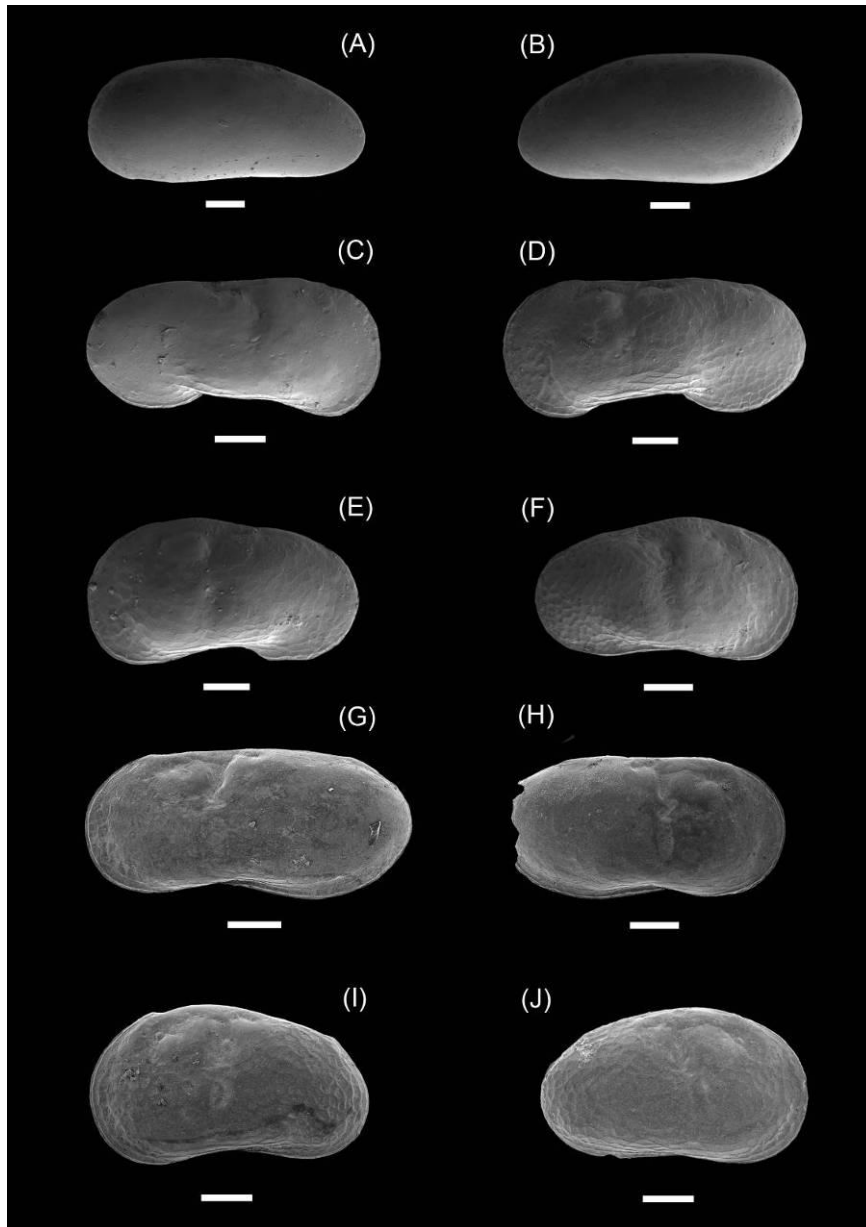
**Ecología y distribución:** Según Martens & Savatnalinton (2011) el género *Candona* fue hallado en la Región Neotropical con unas pocas especies: *Candona albida* (Dana, 1849), *C. araucana* Löffler, 1961; *C. capsularis* Klie, 1935; *C. incarum* (Moniez, 1889); *C. parva* Daday, 1905; *C. pedropalensis* Méhes, 1914; *C. quasiincavum* Karanovic & Datry, 2009. Cusminsky *et al.* 2005 cita *C. cf neglecta* en ambientes recientes de la Patagonia.



**Figura 3. Ostrácodos recientes de la Cuenca Llanquanelo.** *Darwinula stevensoni*. (A) VD, vista externa; (B) VI, vista externa; (C) detalles impresiones musculares. *Alicenula* sp. (D) VD, vista externa; (E) VI, vista externa. *Limnocythere staplini*. (F) Macho VD, vista externa; (G) Hembra VI, vista externa. *Ilyocypris ramirezi*. (H) VD, vista externa. *Chlamydotheca arcuata*. (I) VD, vista externa. *Chlamydotheca* sp<sub>1</sub>. (J) VD, vista externa. *Chlamydotheca* sp<sub>2</sub> (K) VI, vista externa; (L) VD, vista externa; (M) VD, vista interna; (N) detalle del margen postero ventral de la VD. Escalas: A, B, D-H, N= 0,1 mm; C = 0,02 mm; I, J = 0,5 mm; K-M = 0,2 mm.

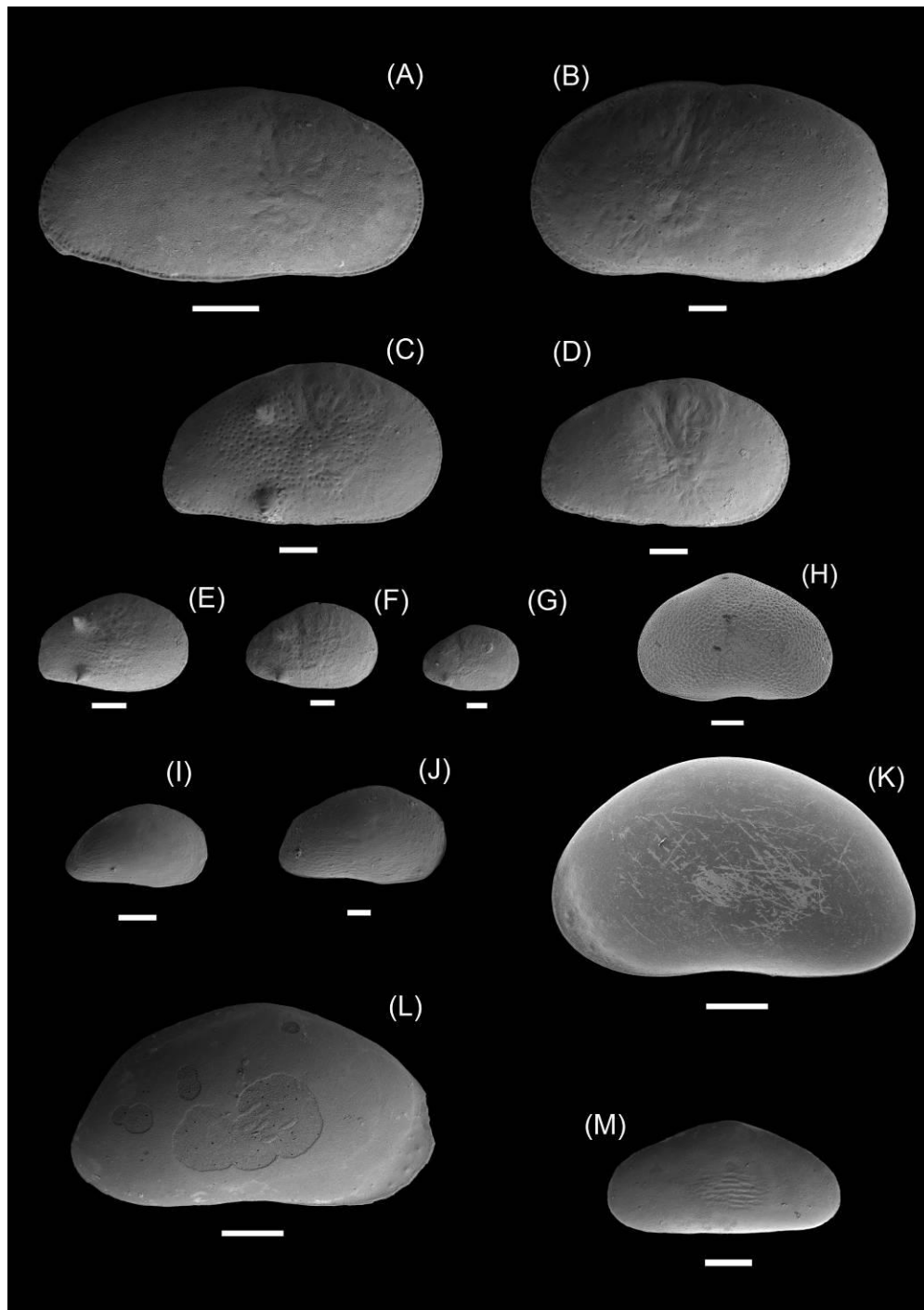


**Figura 4. Ostrácodos recientes de la Cuenca Llançanelo.** *Cypridopsis vidua*. (A) VI, vista externa. *Potamocypris smaragdina*. (B) VI, vista externa. *Heterocypris incongruens*. (C) VD, vista externa, (D) detalle de la parte posteroventral VD, vista interna. *Stenocypris* sp. (E)RV, vista externa, (F) VI, vista externa, (G) VI, vista interna. Cyprididae indet.<sub>1</sub> (H) juvenil VD, vista externa, (I) juvenil VD, vista externa, (J) detalle de la parte posterior ventral de la VD, (K) detalle de la espina, probablemente adulto. Escalas: C, E, F, G, H, K= 0,2 mm; D, J= 0,05 mm; A, B, I= 0,1 mm.

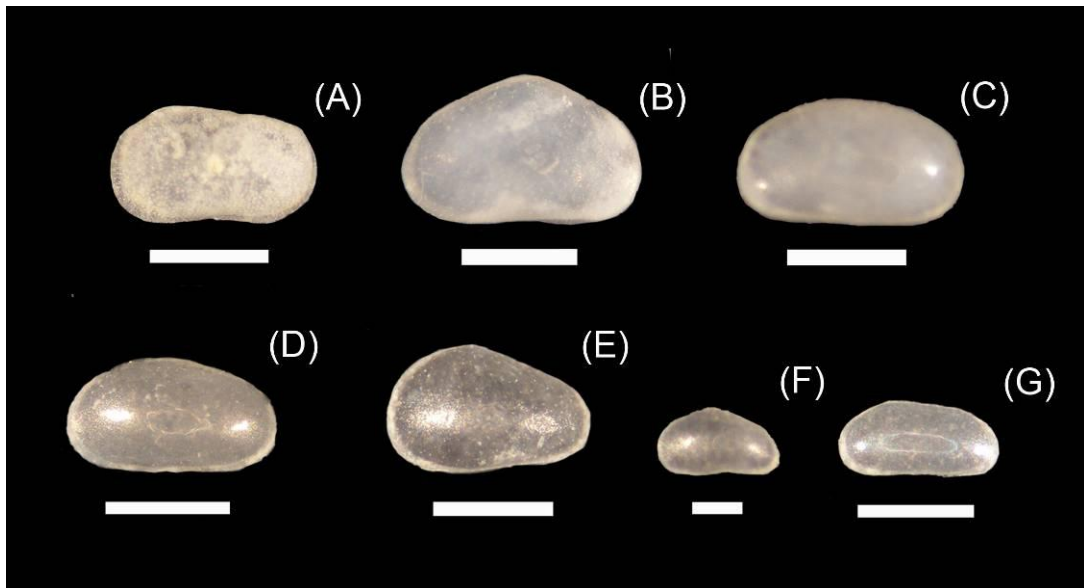


**Figura 5. Ostrácodos Cuaternarios del testigo LL3.** *Alicenula* sp. (A) VD, vista externa; (B) VI, vista externa. *Limnocythere staplini*. (C) Macho VD, vista externa; (D) Macho VI, vista externa; (E) Hembra VI, vista externa, (F) Hembra VD, vista externa. *Limnocythere rionegroensis*. (G) Macho VI, vista externa; (H) Macho VD, vista externa; (I) Hembra VI, vista externa, (J) Hembra VD, vista externa. Escala= 0,1 mm.





**Figura 6. Ostrácodos Cuaternario del testigo LL3. *Cyprideis salebrosa hartmanni*. (A) Macho VD, vista externa; (B) Hembra VI, vista externa (C-G) Juveniles VD, distintos estadios. *Cypridopsis vidua*. (H) VD, vista externa; *Eucypris virgata*. (I) Hembra VD, vista externa; *Eucypris fontana*. (J) Juvenil VD, vista externa; (K) Hembra VI, vista externa; (L) Hembra VD, vista externa. Cyprididae indet.<sub>2</sub>. (M) VD, vista externa. Escalas: A, K, L= 0,2 mm; B, C, D, H-J, M= 0,1 mm; E-G= 0,05 mm.**



**Figura 7. Ostrácodos de los testigos LL3 y LL10 (imágenes del microscopio estereoscópico).** *Ilyocypris ramirezi*. (A) VI, vista externa. *Heterocypris salina*. (B) VD, vista externa. *Heterocypris similis* (C) Macho VI, vista externa, (D) Hembra VD, vista externa. Cyprididae indet.<sub>1</sub> (E) VI, vista externa. *Candona* sp<sub>1</sub> (F) VD, vista externa. *Candona* sp<sub>2</sub> (G) VD, vista externa. Escalas: F= 0,2 mm; A-E, G= 0,5 mm.

## Capítulo 3: Datos Actuales.



### **3.1. INTRODUCCIÓN**

La estructura de las comunidades acuáticas está determinada por la interacción de las características químicas, físicas y biológicas presentes en el cuerpo de agua. En el caso de las lagunas de zonas áridas también hay que tener en cuenta las condiciones extremas ambientales como fuertes vientos, escasa precipitación, alta evaporación debido a las elevadas temperaturas durante el verano y la primavera, así como también bajas temperaturas con precipitaciones nivales que se suceden en el invierno y el otoño. El estudio del zooplancton adquiere relevancia para determinar el flujo de energía en la zona pelágica, siendo el nexo entre los productores primarios y los niveles tróficos superiores presentes en el sistema. En los humedales, las fluctuaciones en el nivel hidrométrico tienen un papel fundamental; una gran variabilidad en términos de tiempo y espacio, afecta a los organismos que los habitan, que tienen que estar adaptados para poder sobrevivir a cambios extremos (por ejemplo, la gran variación del nivel hidrométrico se traduce en cambios marcados de la concentración de sales).

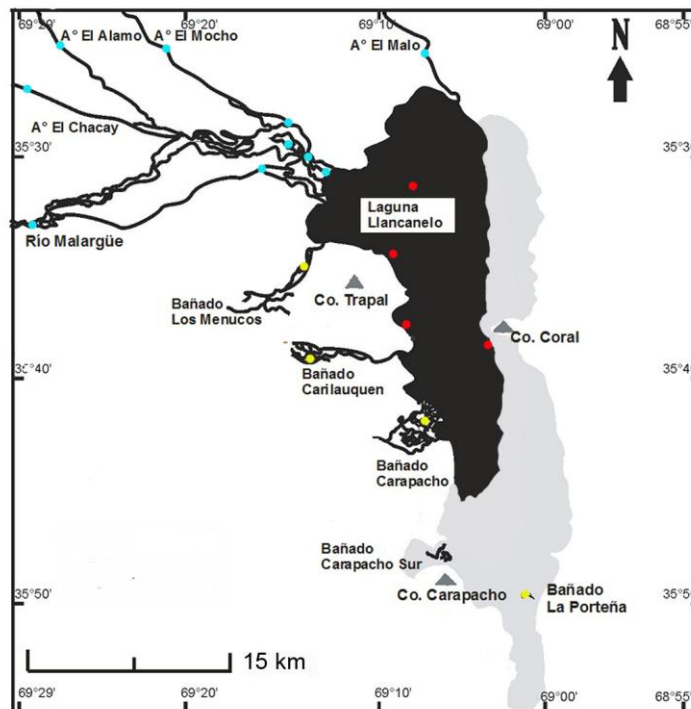
Los lagos salinos en la región Neotropical están localizados principalmente en la cordillera de Los Andes en latitudes tropicales y subtropicales, en el sector de llanura del centro de Argentina y en la estepa patagónica (De los Ríos & Contreras 2005).

Los trabajos sobre los aspectos biológicos en la Cuenca Llanquanelo son escasos. La mayoría se realizaron en el bañado Carilauquen donde los estudios de plancton determinaron que es un ambiente eutrófico y polisapróbico caracterizado por la elevada carga de materia orgánica (Peralta & Fuentes 2005). Por su parte, Ciocco & Scheibler (2008) y Scheibler & Ciocco (2011, 2013) en sus estudios de macroinvertebrados determinaron que el bañado constituye un ambiente muy favorable para el zoobentos ya que alcanza una elevada riqueza específica en este ambiente, mientras que en la zona de desembocadura del bañado en la laguna Llanquanelo, se produce un descenso de la diversidad zoobentónica relacionado con el incremento de la conductividad.

### **3.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En la cuenca de la laguna Llanquanelo se definieron 18 sitios de muestreo (Figura 1), en los cuales se extrajeron muestras de zooplancton (18), zoobentos (18) y carófitos (18) con frecuencia estacional (en el medio de cada estación). En forma simultánea se determinaron parámetros físicos y químicos del agua. Estos muestreos se realizaron entre la primavera de 2009 y el invierno de 2010.

En la laguna se definieron 4 sitios de muestreos, dos en la costa oeste, “La Playa” (L 1) en el centro oeste, que es el único lugar con acceso turístico y “Real de Los Jueces” (L 3) al noroeste que se encuentra al norte del Cerro Trapal, al este en el salitral, en la base del Cerro Coral (L 2) donde fluye una vertiente que luego de unos metros se infiltra para emerger nuevamente y dar a la laguna y por último en el centro norte de la laguna (L 4) donde posee la mayor profundidad. Los bañados fueron muestreados en el cuerpo principal (Carilauquen (B 1), La Porteña (B 2) y Carapacho (B 3), exceptuando Los Menucos (B 4) que fue muestreado donde se da un adelgazamiento del mismo hacia la laguna. Los arroyos El Chacay (A 2), El Mocho (A 1), El Álamo (A 10) y El Malo (A 9), fueron muestreados, pero los 2 últimos no presentaron agua durante el año de muestreo. En el Río Malargüe se determinaron 6 sitios de muestreos (A 3, A 4, A 5, A 6, A 7, A 8), uno a la altura de la ruta 40, y los otros cinco en distintas partes del delta que éste forma luego de unirse los arroyos El Chacay, El Álamo y El Mocho y el último en su desembocadura en la laguna.



**Figura 1: Ubicación de los 18 sitios de muestreo, Laguna (círculos rojos), Bañados (círculos amarillos) y río Malargüe y arroyos (círculos celestes). (Gris: salitral)**

**3.2.1. Zooplancton**

Las muestras de zooplancton fueron colectadas filtrando agua con una bomba centrífuga sumergible (caudal 4100 l/h máximo) en una red de plancton con una abertura de poro de 35 µm (Figura 2).



**Figura 2. Toma de muestra de zooplancton, donde se puede observar la red de plancton utilizada.**

El volumen filtrado fue de 30 l para los ambientes lénticos (laguna y bañados) y de 50 l para los lóticos (río y arroyos). Las muestras fijadas con formol al 4% en el campo fueron llevadas a un volumen de 100 ml en el laboratorio para efectuar su análisis

cuantitativo. Previo al recuento, fueron homogeneizadas con un agitador magnético extrayendo alícuotas de 1 ml. Dichas alícuotas se colocaron en cámaras Sedgwick-Rafter (Figura 3A) para estimar la abundancia de protistas y rotíferos mediante un microscopio óptico binocular. El análisis cuantitativo de microcrustáceos se efectuó con cámaras de Bogorov (Figura 3B) de 10 ml y con microscopio estereoscópico.

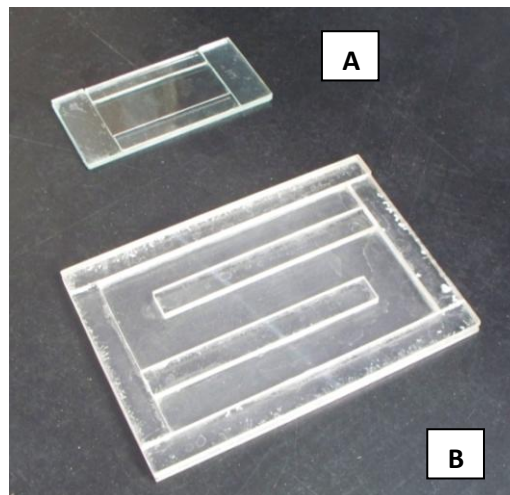


Figura 3. A. Cámara de sedgwick Rafter, B. Cámara de Bogorov

El número de alícuotas analizadas fue variable ya que el coeficiente de variación entre ellas no debe superar el 20% para que los datos sean estadísticamente válidos. Los resultados se expresaron en individuos por metro cúbico.

El análisis cualitativo de los integrantes del zooplancton se ha efectuado con bibliografía específica para cada grupo: protistas (Kahl 1930–1935), rotíferos (Ruttner-Kolisko 1974, Koste 1978, Segers 1995); copépodos (Ringuelet 1958, Reid 1985, Bayly 1992, Paggi 1995, Menu-Marque 2000, Dussart & Defaye 2006, De los Rios *et al.* 2010).

### **3.2.2. Zoobentos y Carófitos**

Las muestras fueron colectadas extrayendo el sedimento en un área de 10 x 10 cm incluyendo los carófitos en caso de estar presentes. Los carófitos fueron enjuagados en un recipiente y el agua de los mismos junto con la porción extraída de sedimento fue lavada con un tamiz de 100  $\mu\text{m}$  de abertura de malla. Las muestras fueron subdivididas en 2 alícuotas, una se secó a temperatura ambiente y la otra se conservó en alcohol (70%) para posteriores análisis.

Se tomaron 4 gramos de cada muestra y se realizó recolección (picking) bajo microscopio estereoscópico. Se extrajeron ostrácodos, moluscos y carófitos, los cuales fueron contados y la abundancia se expresó en individuos por gramo.

La determinación específica de los ostrácodos se realizó en base a la bibliografía citada en el capítulo 2.

La determinación de los carófitos se realizó en base a las plantas encontradas y a los girogonites, para lo cual se utilizaron trabajos específicos referidos a la región principalmente (Cáceres 1978, González et al. 1981, Cáceres & García 1989, García 1993, 1996, 1999, Cusminsky *et al.* 2006)

Para confirmar la identificación de los moluscos registrados se tuvieron en consideración los resultados de los trabajos más relevantes referidos a estos organismos en la región (Ciocco & Scheibler, 2008; Scheibler & Ciocco, 2011; 2013; De Francesco & Hassan, 2009; De Francesco, 2010).

### **3.2.3. Parámetros físicos - químicos.**

Para la determinación de los parámetros físico-químicos (temperatura, conductividad, pH y oxígeno disuelto) del agua se empleó un sensor multiparamétrico Horiba U 10. A partir de los valores del oxígeno disuelto y la temperatura se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.

Asimismo, se recolectaron 500 ml de agua en cada sitio en botellas plásticas enjuagadas tres veces con el agua del sitio para evitar contaminación. Dicha agua fue obtenida lo más superficialmente posible, evitando el burbujeo. Una vez cerradas herméticamente y sin dejar aire, las botellas fueron guardadas en oscuridad y en frío (4 °C), para evitar cambios en la composición química previo a su análisis en el espectrómetro de masa. También se extrajeron 5 l de agua de la laguna que fueron empleados en la calibración del espectrómetro. En el espectrómetro de masa (ICP-MS) se analizaron los isotopos de Ca, Mg, Ba y Sr del agua colectada, la metodología de estos análisis se detalla en el capítulo 5 con mayor detalle.

Con el objeto de realizar una caracterización momentánea de la composición iónica del agua de alguno de los ambientes involucrados en este estudio se realizó una extracción de agua en Noviembre del 2012 que comprendió la laguna Llancañelo, del río Malargüe y los bañados Carilauquen y Carapacho. De estas muestras se analizó la temperatura, la



conductividad (Horiba U-10), la turbidez (HACH 2100P) y la concentración de cloruro (Método Argentométrico, APHA 1995).

#### **3.2.4. Análisis estadístico de los datos**

Se efectuaron análisis estadísticos multivariados de Análisis de Redundancia (RDA) a través del programa CANOCO ver. 4.5 (ter Braak & Smilauer 2002) y sus respectivos gráficos fueron realizados con CanoDraw ver 4.14. Para analizar la importancia numérica de las especies registradas y su frecuencia temporal tanto del zooplancton como del zoobentos y los carófitos se aplicó el test Olmstead y Tukey's (Sokal & Rohlf, 1979). Con este test se obtiene un gráfico donde se representa la frecuencia contra la densidad de los organismos analizados, dividiendo el gráfico en 4 cuadrantes a través de las medias de ambos:

I Dominantes: los organismos que se encuentran en este cuadrante son frecuentes y abundantes,

II Ocasionales: no son frecuentes, pero cuando están presentes son abundantes,

III Comunes, donde los organismos son frecuentes en los sitios de muestreo pero no abundantes.

IV Raras son aquellas especies que no son ni frecuentes ni abundantes.

### **3.3. RESULTADOS y DISCUSIÓN:**

#### **3.3.1. Parámetros físicos - químicos.**

En el anexo (Tabla 1 y 2) se encuentran los valores físico – químicos obtenidos por ambiente y estación.

**Tabla 1: Valores medios, mínimos y máximos de los parámetros físicos y químicos registrados en los ambientes.**

Parámetros físicos - químicos	Arroyos y Río Malargüe			Bañados			Laguna Llacanelo		
	Media	Min	Max	Media	Min	Max	Media	Min	Max
pH	8,5	7,8	9,3	8,1	7,5	8,8	8,1	7,7	9,1
Temperatura (°C)	13,5	0,0	29,3	16,6	3,1	29,5	14,7	0,2	27,8
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (%)	74	19	170	60	20	162	61	19	107
Conductividad (mS cm <sup>-1</sup> )	1,80	0,47	3,76	2,10	0,79	5,10	37,37	16,09	66,10
Salinidad (g l <sup>-1</sup> )	0,88	0,00	2,10	0,96	0,20	2,70	25,31	9,30	44,30
Ca (ppb)	1807	708	3813	1598	293	3404	7329	1539	13805
Mg (ppb)	128	10	386	187	30	723	5037	1146	10037
Ba (ppb)	33	10	118	13	6	26	0,779	0,134	1,352
Sr (ppb)	16	8	33	13	5	42	91	1	226

La concentración de cloruro: en el Bañado Carilauquen fue de 5,08 meq Cl<sup>-</sup>, en el Bañado Carapacho 10,35 meq Cl<sup>-</sup>, en la laguna (Real de los Jueces) 247,71 meq Cl<sup>-</sup> y en río Malargüe a la altura de los Castillos de Pincheira (35° 30' 56,73" S - 69° 47' 41,10" O) 19,32 meq Cl<sup>-</sup>.

La conductividad, concentración de cloruros y por ende la salinidad son los parámetros que diferencian claramente los ambientes obteniendo dos grupos: los bañados, arroyos y ríos con agua dulce a subsalina (salinidad de 0 – 2,7 g l<sup>-1</sup>) y la laguna Llacanelo con agua hiposalina a mesosalina (9,3 – 44,3 g l<sup>-1</sup>) basándose en la clasificación de Hammer (1986).

El pH es neutro a alcalino (7,55 – 9,34) en todos los ambientes, siendo más básico en los ríos y arroyos (Tabla 1).

La temperatura varía significativamente entre las estaciones del año, relacionado a la marcada estacionalidad de la región (Tabla 1).

### **3.3.2. Ostrácodos**

En la cuenca se encontraron 12 especies, pertenecientes a 9 géneros y un Cyprididae indeterminado<sub>1</sub>.

***Darwinula stevensoni*** (Brady & Robertson, 1870)

Material: 454 adultos (hembras) y juveniles.

Ecología y distribución: *Darwinula stevensoni* fue más abundante en los Bañados (salinidad media anual de  $0,96 \text{ g l}^{-1}$ ), que en el Arroyo El Malo y solamente se la registró en verano en la costa oeste de la Laguna Llanquanelo. La distribución más detallada por ambiente y estación del año se encuentra en la tabla 3, mientras que en la figura 4 pueden observarse los porcentajes de distribución por ambiente. Los rangos de pH, temperatura, conductividad y salinidad en las que se halló esta especie se detallan en la tabla 2. Las condiciones extremas de conductividad ( $36,1 \text{ mS cm}^{-1}$ ) y salinidad ( $22,5 \text{ mg l}^{-1}$ ) presentes en el verano en la laguna no fueron incluidas en la tabla 2.

***Alicenula sp.***

Material: 280 adultos (hembras) y juveniles.

Ecología y distribución: *Alicenula sp.* presentó mayor abundancia en los bañados (Figura 4) que en el Delta del Río Malargüe y que en el centro de la laguna Llanquanelo (tabla 3). Los rangos de pH, temperatura, conductividad y salinidad en los que se registró esta especie se indican en la tabla 2, con la excepción de las condiciones extremas de conductividad ( $44,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) y salinidad ( $28,2 \text{ mg l}^{-1}$ ) presentadas por la laguna en la ocasión de hallazgo de la especie.

***Limnocythere staplini*** Gutentag & Benson, 1962

Material: 9871 adultos (hembras y machos) y juveniles.

Ecología y distribución: *Limnocythere staplini* estuvo presente en toda la cuenca Llanquanelo (tabla 3, figura 4), pero fue más abundante en la laguna Llanquanelo (salinidad media anual:  $25,31 \text{ g l}^{-1}$ ), que en el río, en los arroyos y en los bañados (Tabla 2).

Hembras y machos fueron encontrados en la cuenca Llanquanelo con una relación 70: 30, indicando reproducción sexual.

***Ilyocypris ramirezi*** Cusminsky & Whatley, 1996

Material: 1760 adultos y juveniles.

Ecología y distribución: *Ilyocypris ramirezi* se registró en toda la cuenca Llacanelo (tabla 3, Figura 2), pero fue más abundante en el río y los arroyos, que en los bañados y en la laguna. Esta especie estuvo presente en aguas con rangos de pH, temperatura, conductividad y salinidad especificados en la tabla 2. No se incluyeron en la mencionada tabla los valores extremos de conductividad ( $66,1\text{mS cm}^{-1}$ ) y de salinidad  $44,3\text{ g l}^{-1}$  de la laguna registrados con la presencia de la especie.

En toda la cuenca Llacanelo *I. ramirezi* tuvo una frecuencia del 87% en ambientes que presentan corriente de agua y del 99% en ambientes de agua dulce a sub-salina.

***Chlamydotheca arcuata*** (Sars, 1901)

Material: 6 adultos (hembras).

Ecología y distribución: *Chlamydotheca arcuata* fue encontrada en el Bañado Carapacho, el de mayor profundidad de la cuenca (4 m) y el único con agua termales (temperatura media de  $20,2^{\circ}\text{C}$ ). Esta especie fue registrada en agua con rangos de pH, temperatura, conductividad y salinidad presentados en la tabla 2. El agua se caracteriza por presentar una concentración de  $\text{Cl}^{-1}$  de  $10,35\text{ meq Cl}^{-}$ .

***Chlamydotheca sp*<sub>1</sub>**

Material: 1 adulto (hembra).

Ecología y distribución: *Chlamydotheca sp*<sub>1</sub> fue exclusiva del Bañado Carapacho (figura 4, tablas 2 y 3).

***Chlamydotheca sp*<sub>2</sub>**

Material: Material tipo: 2 adultos (hembras)

Ecología y distribución: *Chlamydotheca sp*<sub>2</sub> estuvo presente sólo en el bañado Carapacho (Figura 4, tablas 2 y 3).

***Cypridopsis vidua*** (Müller 1776)

Material: 281 adultos (hembras) y juveniles.

Ecología y distribución: *Cypridopsis vidua* fue hallada en toda la cuenca Llacanelo, pero con mayor abundancia en el delta del río Malargüe y en los arroyos, que en la laguna y los bañados (tablas 2 y 3 y Figura 4).

***Potamocypris smaragdina*** (Vávra, 1891)

Material: 23 adultos (hembras).

Ecología y distribución: *Potamocypris smaragdina* fue registrada en agua dulce a sub-salina ( $0 \text{ g l}^{-1}$ – $2,3 \text{ g l}^{-1}$ ), pero con mayor abundancia en los bañados (ausente en el bañado de agua termal). En menor medida se la encontró en el arroyo El Mocho y en la zona donde el Delta del río Malargüe se conecta con la laguna (tablas 2 y 3 y Figura 4).

***Heterocypris incongruens*** (Ramdohr, 1808)

Material: 590 adultos (hembras) y juveniles.

Ecología y distribución: *Heterocypris incongruens* estuvo presente en agua dulce a sub-salina, entre  $0 \text{ g l}^{-1}$  y  $2,7 \text{ g l}^{-1}$ . Fue más abundante en los bañados que en el delta del río Malargüe y los arroyos (tablas 2 y 3 y Figura 4). *Heterocypris incongruens* fue hallada en aguas termales (Bañado Carapacho) pero no en la laguna salina.

***Stenocypris sp.***

Material: 50 adultos y juveniles.

Ecología y distribución: Se la registró en agua dulce a sub-salina, entre  $0 \text{ g l}^{-1}$  y  $2,1 \text{ g l}^{-1}$ , con mayor abundancia en el delta del río Malargüe y los arroyos que en los bañados (tablas 2 y 3 y Figura 4).

**Cyprididae indet.<sub>1</sub>**

Material: 8 valvas juveniles.

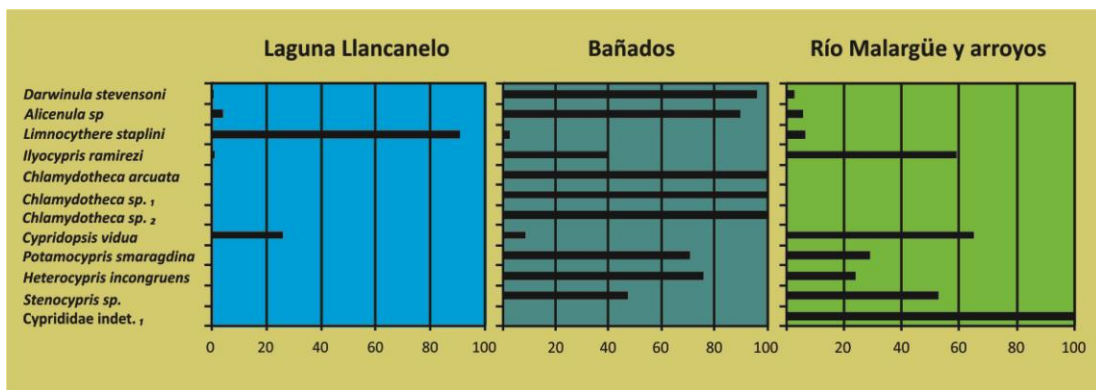
Ecología y distribución: esta especie fue exclusiva del río Malargüe (tablas 2 y 3 y Figura 4), en el sector donde se une a la laguna en el verano.

**Tabla 2: Valores mínimos y máximos de los parámetros físicos y químicos registrados en los ambientes coincidentes con la presencia de cada especie en cuestión (en cursiva los registrados en el único hallazgo de la especie).**

	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (mS cm <sup>-1</sup> )	Salinidad (g l <sup>-1</sup> )	Saturación Oxígeno disuelto (%)
<i>Darwinula stevensoni</i>	7,5-9,2	0,9-29,5	0,8-5,1	0,2-2,7	19-108
<i>Alicenula sp</i>	7,5-8,9	0,0-29,5	0,8-2,5	0,2-2,3	20-160
<i>Limnocythere staplini</i>	7,7-9,3	0,0-29,5	0,8-66,1	0,2-44,3	19-170
<i>Ilyocypris ramirezi</i>	7,5-9,3	0,0-26,7	0,8-5,1	0,2-2,7	19-170
<i>Chlamydotheca arcuata</i>	7,6-8,8	19,5-21,6	1,3-2,9	0,5-1,6	19-71
<i>Chlamydotheca sp<sub>1</sub></i>	8,6	19,5	2,9	1,4	19
<i>Chlamydotheca sp<sub>2</sub></i>	8,6	19,5	2,9	1,4	19
<i>Cypridopsis vidua</i>	7,6-9,3	0,4-29,5	0,8-44,2	0,2-28,2	19-170
<i>Potamocypris smaragdina</i>	7,6-8,5	10,0-29,5	0,9-4,4	0,2-2,3	24-162
<i>Heterocypris incongruens</i>	7,6-9,2	0,9-29,5	0,8-5,1	0,2-2,7	19-170
<i>Stenocypris sp.</i>	8,0-9,2	0,6-29,5	0,8-3,8	0,2-2,1	19-121
<i>Cyprididae indet. 1</i>	8,3	26,2	3,8	1,9	76

**Tabla 3. Distribución de las especies de ostrácodos por ambiente y estación del año. P: primavera, V: verano, O: otoño, I: invierno. X: presencia.**

	LAGUNA LLANCANELO				BAÑADOS				BAÑADO TERMAL				ARROYOS				DELTA RÍO MALARGÜE			
	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I	P	V	O	I
<i>Darwinula stevensoni</i>	X				X	X	X	X		X	X		X	X	X					
<i>Alicenula sp</i>	X			X	X	X	X	X	X	X		X					X	X	X	X
<i>Limnocythere staplini</i>	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ilyocypris ramirezi</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chlamydotheca arcuata</i>									X	X	X	X								
<i>Chlamydotheca sp<sub>1</sub></i>											X									
<i>Chlamydotheca sp<sub>2</sub></i>											X									
<i>Cypridopsis vidua</i>	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X		X			X
<i>Potamocypris smaragdina</i>					X	X	X	X							X				X	X
<i>Heterocypris incongruens</i>					X	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X	
<i>Stenocypris sp.</i>					X	X	X	X	X	X			X	X	X				X	
<i>Cyprididae indet. 1</i>																			X	



**Figura 4. Distribución de las especies de ostrácodos por tipo de ambiente.**

El análisis temporal (Test Olmstead & Tukey) de los ostrácodos se realizó por separado en cada ambiente.

En la laguna, cinco especies estuvieron presentes. *Limnocythere staplini* es la especie dominante, como se dijo anteriormente esta especie es halobionte. Las especies raras, son *Alicenula sp* y *Darwinula stevensoni* ya que son de ambientes de agua dulce pero puede soportar ciertos niveles de salinidad. *Cypridopsis vidua*, especie cosmopolita y euritópica es una especie común en la laguna, junto a la especie eurihalina *Ilyocypris ramirezi* (Figura 5).

En los bañados se hallaron 10 especies, siendo el 50% dominantes y el otro 50% raras (Figura 6).

En el delta del río Malargüe y los arroyos, nueve especies se encontraron presentes. Las especies dominantes son *Ilyocypris ramirezi*, especie afín a ambientes con corrientes y con baja salinidad y *Limnocythere staplinii*. Las especies raras son *Alicenula sp.*, *Darwinula stevensoni*, *Potamocypris smaragdina* y *Cyprididae indet<sub>1</sub>*. Las especies comunes *Heterocypris incongruens*, *Cypridopsis vidua*, ambas especies cosmopolitas y eurioicas (Figura 7).

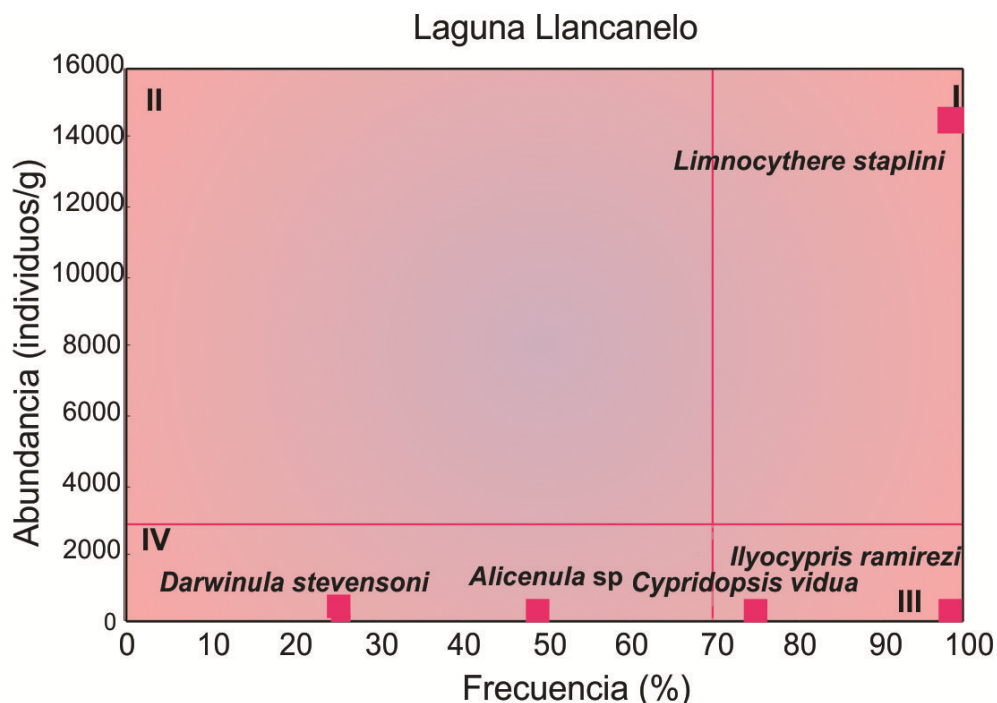


Figura 5. Test de Olmstead y Tukey en la laguna Llanccanelo (especies presentes en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).

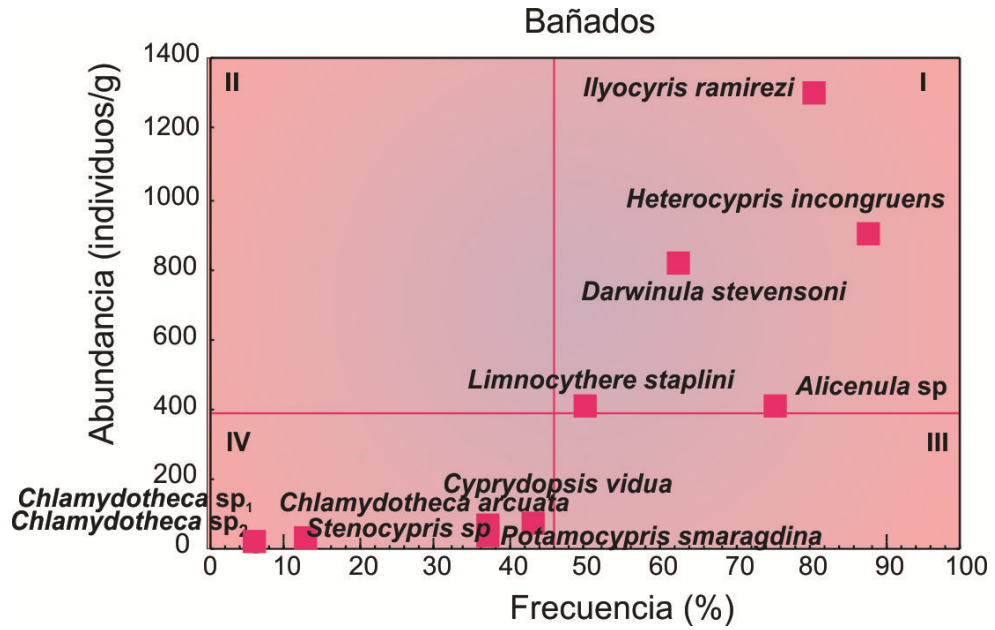


Figura 6. Test de Olmstead y Tukey en los bañados (especies presentes en dos cuadrantes, I dominantes y IV raras).

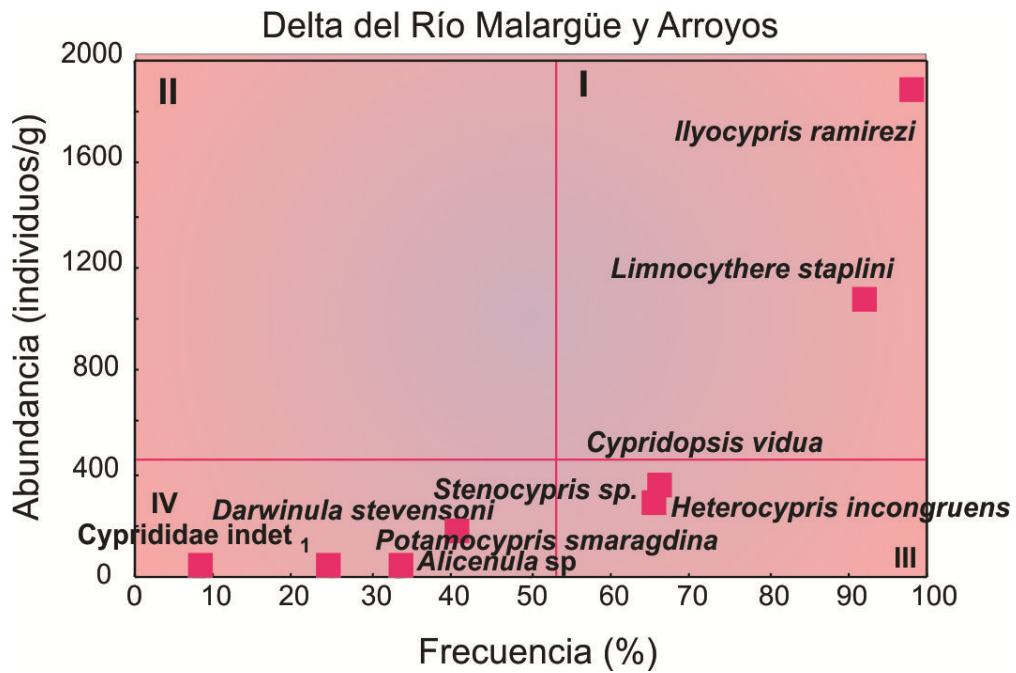


Figura 7. Test de Olmstead y Tukey en los arroyos (especies presentes en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras)-



### **3.3.3. Análisis multivariado:**

Debido a que la longitud de los gradientes de las variables explicativas era corta, se seleccionó el método de análisis de redundancia (RDA), como lo sugiere ter Braak y Smilauer (2002). Sólo los parámetros ambientales con factores de variación de la inflación de la varianza  $<10$  se mantuvieron en el análisis debido a que un valor mayor indicaría una multicolinealidad entre las variables (ter Braak & Verdonschot, 1995). La significancia estadística de la variación en los parámetros y el significado general de la ordenación se pusieron a prueba con la prueba de permutación de Monte-Carlo (499 permutaciones,  $p < 0,01$ ).

De acuerdo con los resultados del análisis de redundancia (RDA) entre las especies de ostrácodos registradas y algunos parámetros ambientales, el primer eje canónico y la suma de todos los ejes canónicos explican una porción significativa de la varianza de la abundancia de los ostrácodos (cociente  $F = 42,99$ ,  $p = 0,003$  y cociente  $F = 8,67$ ,  $p = 0,03$ , respectivamente). Las variables ambientales que se correlacionaron significativamente con los ejes canónicos después de realizar la prueba de permutación de Monte-Carlo fueron el calcio (cociente  $F = 13,88$ ,  $p = 0,004$ ), la salinidad (cociente  $F = 7,96$ ,  $p = 0,014$ ), el magnesio (cociente  $F = 4,87$ ,  $p = 0,05$ ) y el bario (cociente  $F = 1,93$ ,  $p = 0,06$ ) mientras que la temperatura, oxígeno disuelto, pH y el estroncio tuvieron que ser descartados. La salinidad y el calcio se correlacionaron con el 1er eje ( $R = 0,54$  y  $0,68$ , respectivamente), mientras que también se correlacionaron junto al magnesio y el Bario con el segundo eje ( $R = 0,84$ ,  $0,54$ ,  $0,83$  y  $-0,38$ , respectivamente). Los dos primeros ejes canónicos explicaron el 99,8% de la variación de la relación de las especies y el medio ambiente.

La salinidad y concentración de Ca en el agua son las variables que definen el primer eje. Este eje muestra el gradiente de salinidad y [Ca] ubicándose en el sector negativo las especies afines al agua dulce y en el extremo del sector positivo las especie halobionte *Limnocythere staplinii*. El segundo eje está definido en el sector positivo por la concentración de Mg, Ca y la salinidad y negativamente por la concentración de Ba en el agua. En este último sector se ubican todas las especies afines al agua dulce (Figura 8).

La Figura 9 representa los 18 sitios de muestreo por cada estación climática con un total de 55 muestras en relación con los parámetros ambientales. La salinidad y concentración de calcio en el agua definen claramente el primer eje, ubicándose en este

sector todos los muestreos realizados en la laguna, mientras que en el sector negativo se encuentran los sitios de muestreo de agua dulce, bañados y río Malargüe y arroyos.

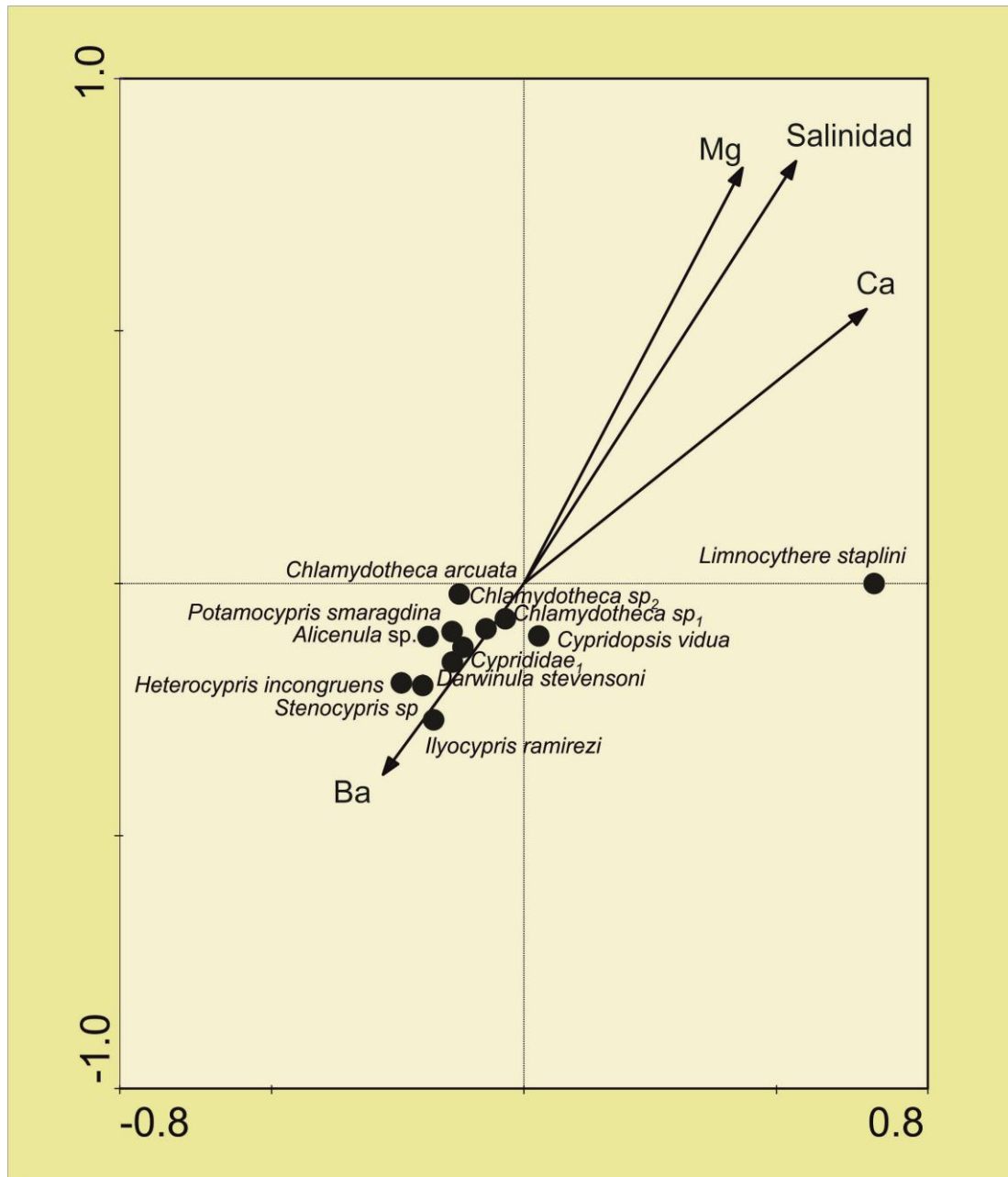


Figura 8. Análisis multivariado (RDA), variables vs las especies de ostrácodos encontrados en los muestreos.

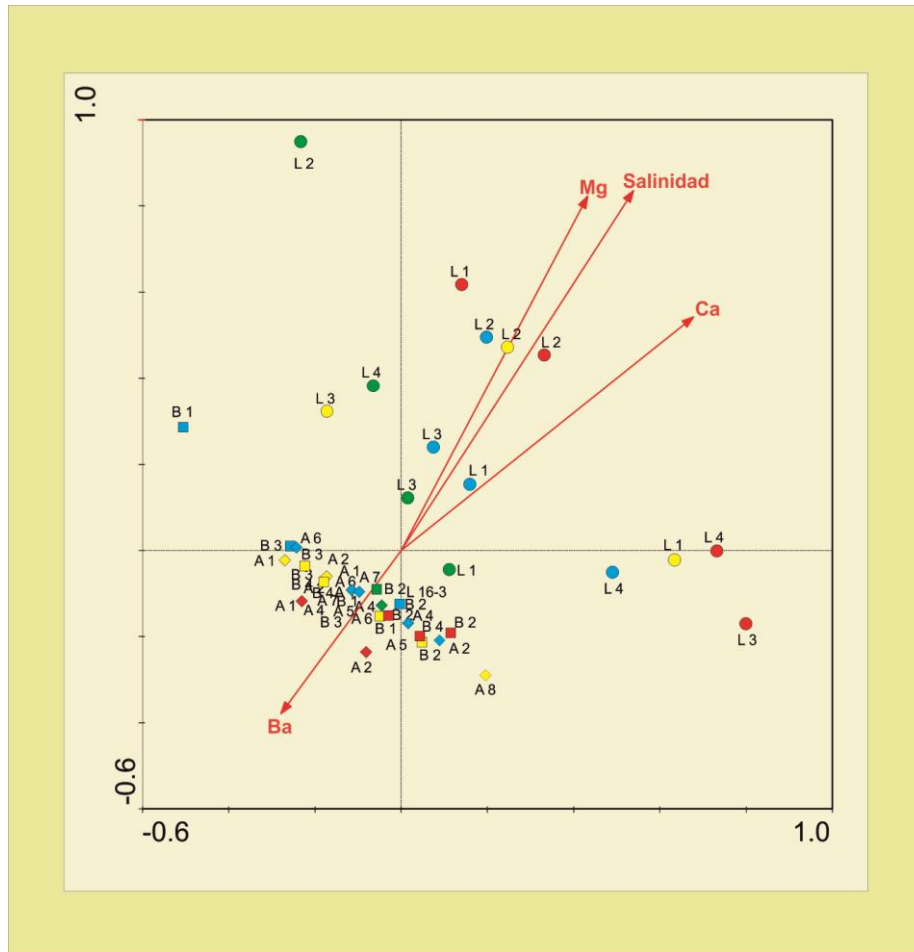


Figura 9. Análisis multivariado (RDA), variables vs los sitios de muestreo (Círculos: laguna Llanqueto, Cuadrados: baños, Rombos: río y arroyos. Amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño y azul: invierno).

### 3.3.4. Moluscos:

El análisis temporal (Test de Olmstead & Tukey) de los moluscos se realizó por separado en cada ambiente, utilizando los adultos presentes. En la cuenca se encontraron siete especies (pertenecientes a cinco géneros).

En la laguna se encontraron presentes tres especies del género *Heleobia*: *Heleobia parchappii* es una especie dominante (presente en el 100% de las muestras con 488 ind/g), la cual puede habitar tanto ambientes salinos como de agua dulce, pero en ambientes salinos es la única especie registrada, por lo cual se la puede considerar indicadora de aguas salobres (De Francesco 2010). Esta especie coexiste en la laguna con *H. cfr. kuesteri* (100% y 109 ind/g), que es una especie común. A su vez se registró a *H. hatcheri* (50% y 15 ind/g) especie rara con muy pocos individuos, junto a una valva de *Pisidium chiquitanum*, fue el

único ejemplar encontrado en toda la cuenca. (Figura 10). Según De Francesco (2010) con valores de conductividad de  $16 \text{ mS cm}^{-1}$  sólo *H. parchappii* puede sobrevivir.

En los arroyos se encontraron cinco de las siete especies de moluscos. La especie dominante fue *Physa acuta*, la cual es un especie exótica (por lo cual no es de utilidad para las paleo-interpretaciones). La especie rara fue *H. cfr. kuesteri*, que es indicadora de ambientes de energía moderada a alta, donde se denota un flujo de corriente direccional. Las especies comunes son *H. hatcheri*, *H. parchappii* y *Biomphalaria peregrina*, la última indicadora de momentos de menor flujo dentro de un ambiente lótico (De Francesco 2010), como sucedió en los arroyos El Mocho y El Chacay durante el verano que se encontró dicha especie (Figura 11).

En los bañados, las especies de moluscos dominantes son *Physa acuta* (199 ind/g) y *H. cfr kuesteri* (165 ind/g). Ambas fueron encontradas predominantemente en los bañados Carapacho y los Menucos, este último fue muestreado en un brazo hacia la laguna Llancanelo, donde existe una dirección predominante del flujo de agua. Las especies raras fueron *H. parchappii* (20 ind/g), *H. hatcheri* (8 ind/g), *Chilina mendozana* (4 ind/g) y *Biomphalaria peregrina* (4 ind/g) (Figura 12).

En La cuenca Llancanelo el género dominante es *Heleobia* sp, ya que el número de individuos juveniles por gramo es muy grande pero fue imposible determinar a qué especie pertenecen los mismos, por lo cual no se utilizaron para el análisis temporal.

*Physa acuta* es una especie exótica que se ha adaptado muy claramente al ambiente, excepto a la laguna que presenta una salinidad muy alta.

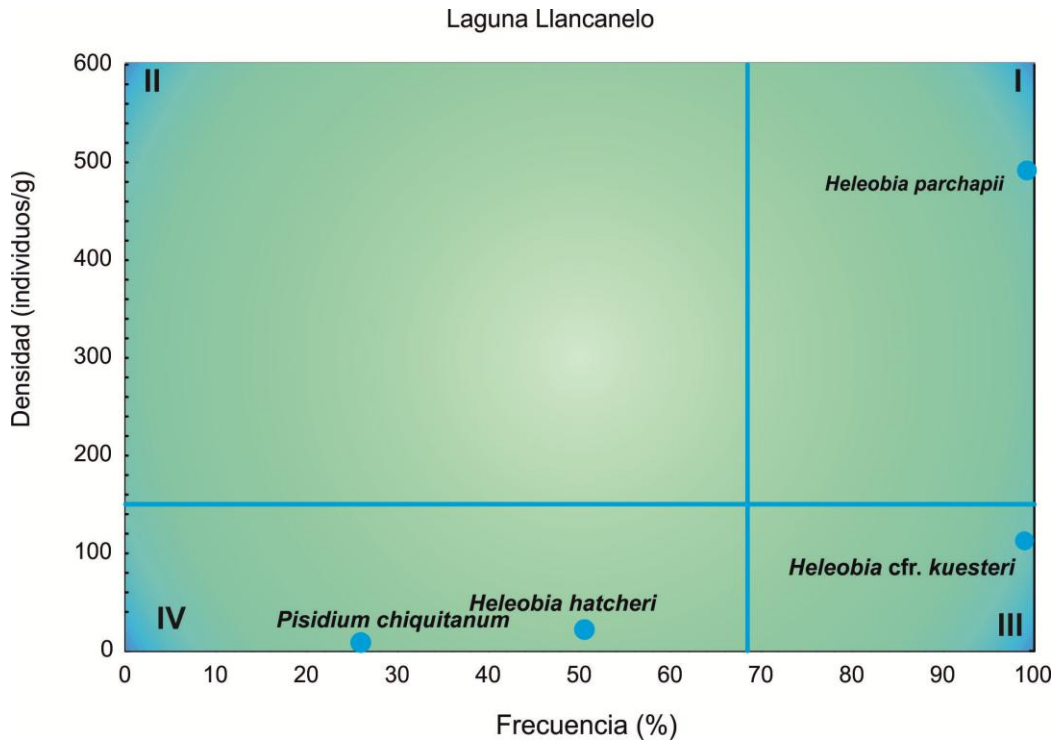


Figura 10. Test de Olmstead y Tukey en la laguna Llancanelo (especies presentes en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).

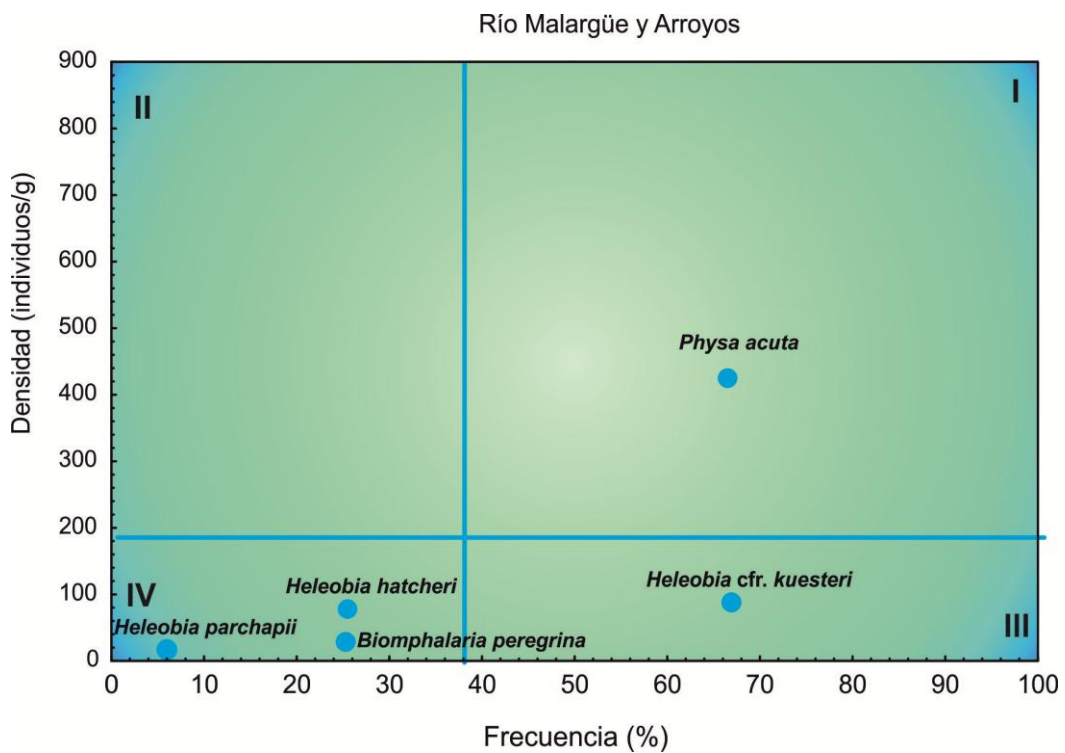


Figura 11. Test de Olmstead y Tukey en los arroyos (especies presentes en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).

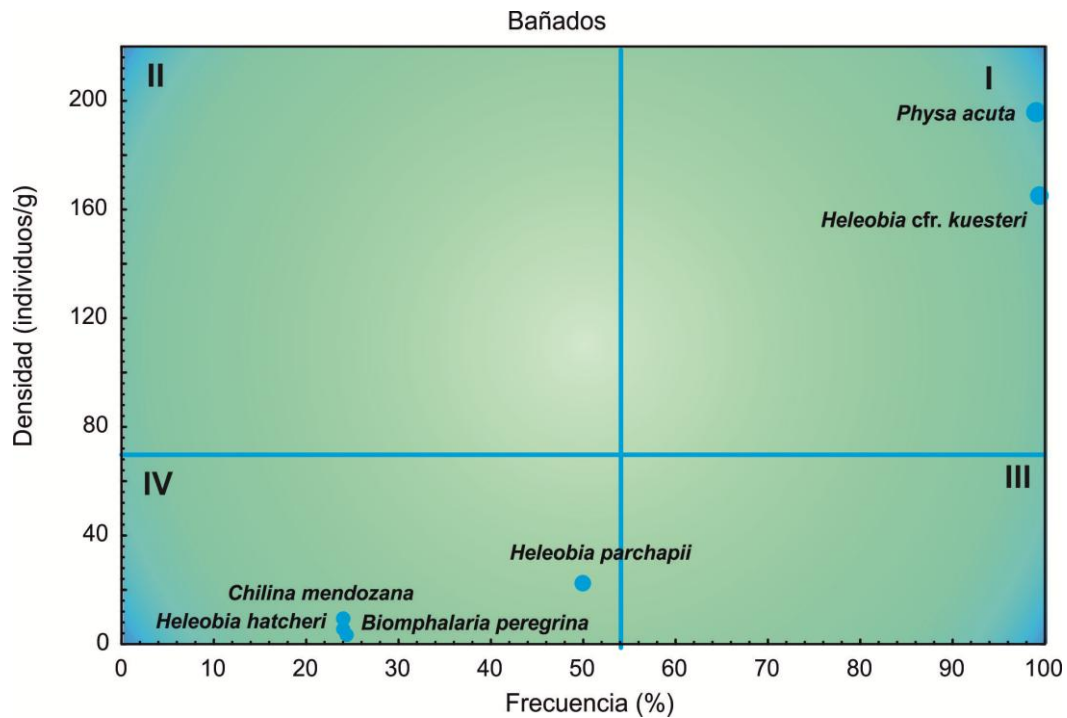


Figura 12. Test de Olmstead y Tukey en los bañados (especies presentes en dos cuadrantes I dominantes y IV raras).

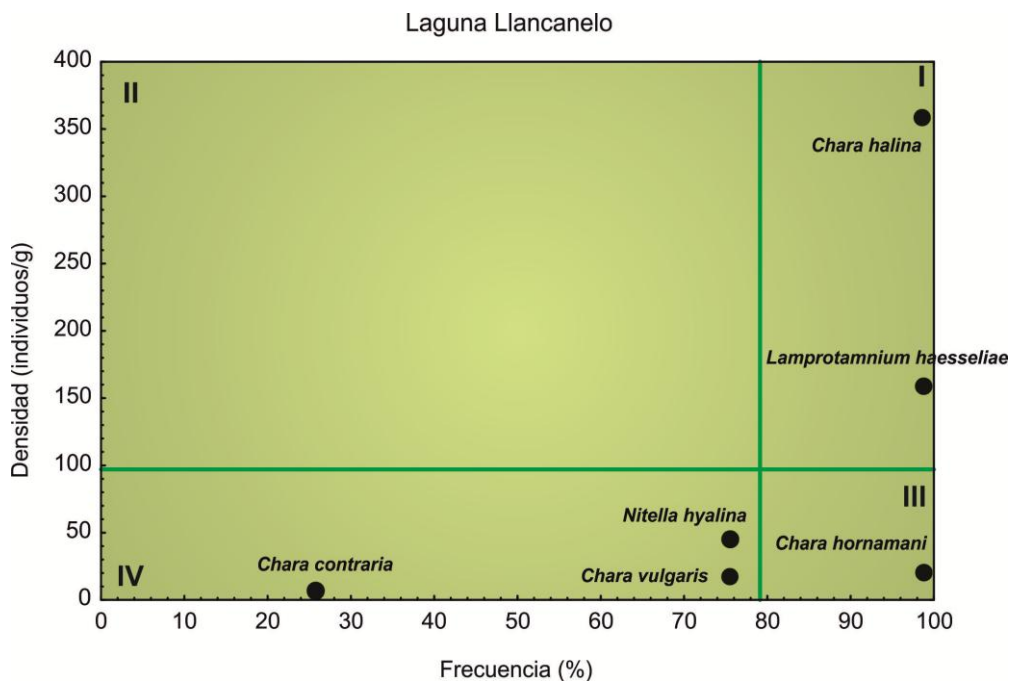
### 3.3.4. Carófitos:

El análisis temporal (test de Olmstead & Tukey) se realizó por separado en cada ambiente, utilizando los girogonites ya que es lo que se preserva como fósil. En la cuenca se encontraron seis especies: cuatro de las cuales pertenecen al género *Chara*, una a *Lamprotamnium* y una a *Nitella*.

En la laguna, se encontraron todas las especies presentes, siendo dominantes *Chara halina* y *Lamprotamnium haesseliae*. Ambas son típicas de ambientes salinos y se encuentran en ambientes donde el viento genera movimientos de agua en una dirección (García 1994), como sucede en la laguna Llancañelo, que es poco profunda y el viento provoca el movimiento constante de la masa de agua. Las especies raras, fueron *C. contraria* (especie cosmopolita), *C. vulgaris* (puede tolerar hasta 12 g l<sup>-1</sup> de salinidad) y *Nitella hyalina*. *Chara hornemanni* fue común en la laguna ya que es típica de ambientes salinos (Figura 13).

En los arroyos la especie dominante es *C. vulgaris* con 241 individuos por gramo y 75% de frecuencia, es una especie de agua dulce característica de ambientes lóticos de escasa corriente (García 1994). *Chara hornemanni* fue rara, ya que es de ambientes salobres y sólo se encontraron tres individuos por gramo. Finalmente la especie cosmopolita *C. contraria* fue común ya que tuvo 50 % de frecuencia de aparición con sólo 40 individuos por gramo (Figura 14).

En los bañados la especie dominante *C. vulgaris* con 709 individuos por gramo y presente en el 69 % de las muestras. Es una especie de agua dulce de ambientes lénticos o lóticos de poca corriente. En cambio como raras se registraron a *C. halina*, *C. hornemanni* y *Lamprotamnium haesseliae*, ya que, como se dijo anteriormente son especies salinas por lo cual las características ambientales no permiten su desarrollo poblacional. *Chara contraria* fue común, según García (1994), esta especie cosmopolita prefiere ambientes de baja energía, como son los bañados, y de aguas alcalinas (Figura 15).



**Figura 13. Test de Olmstead y Tukey en la laguna Llancanelo (especies en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).**

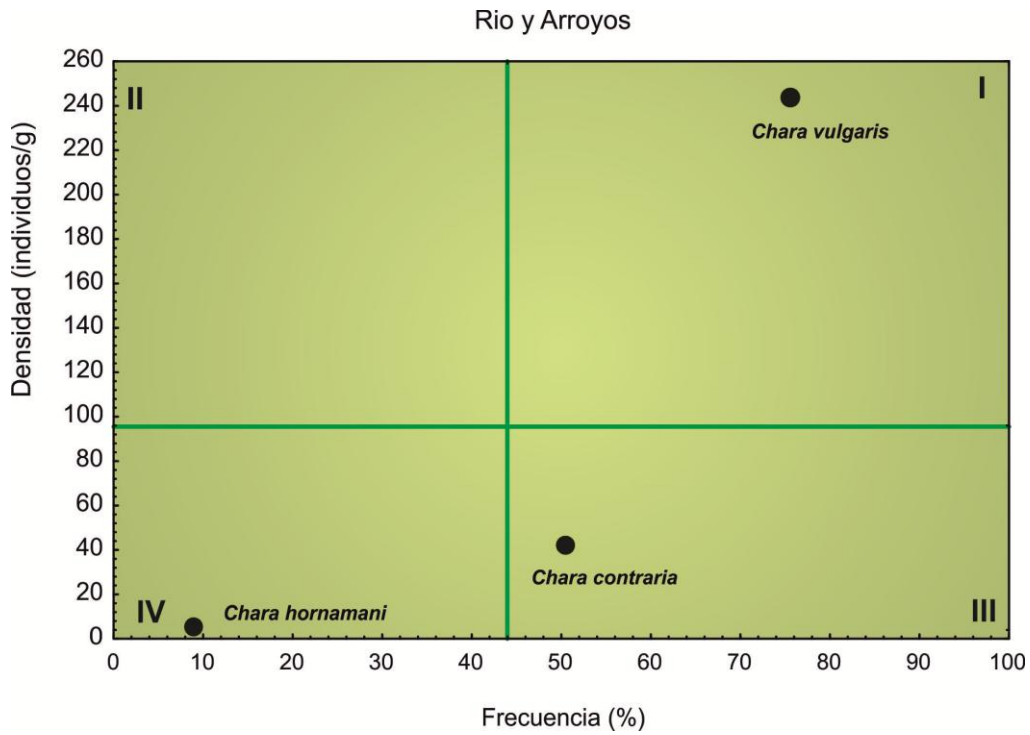


Figura 14. Test de Olmstead y Tukey en el río y los arroyos (especies presentes en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).

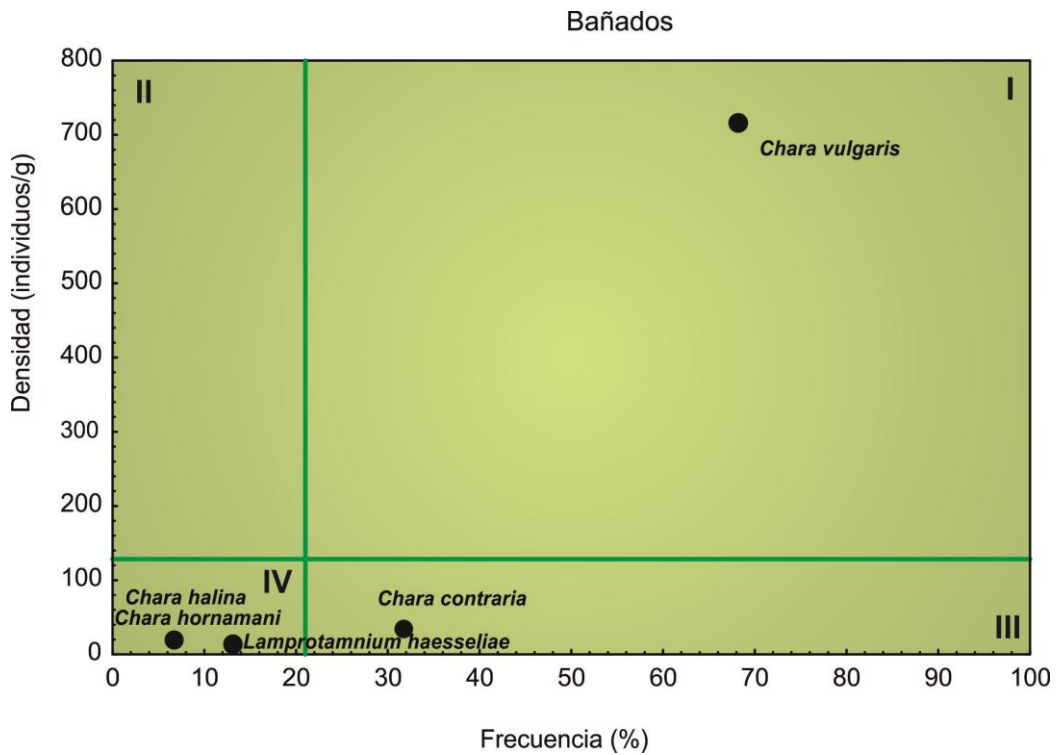


Figura 15. Test de Olmstead y Tukey en los bañados (especies en tres cuadrantes, I dominantes, III comunes y IV raras).



### **3.3.6. Zooplancton**

El análisis temporal (test de Olmstead & Tukey's) se realizó por separado en cada ambiente. En la cuenca Llanquanelo se identificaron un total de 49 taxa: un dinoflagelado, 10 ciliados un foraminífero, 10 amebas testáceas, 16 rotíferos; 1 tardígrado, 5 cladóceros y 5 copépodos.

En el anexo (tabla 3) se encuentra la composición específica del zooplancton en los tres tipos de ambientes analizados en la cuenca Llanquanelo y su frecuencia de aparición estacional

En la laguna la especie ocasional fue *Protoperidinium achromaticum*, que sólo se encontró en verano en la laguna como un florecimiento que se evidenciaba por la gran cantidad de espuma. Las especies raras son los ciliados (*Codonella* sp., *Spirostomum* sp., *Urotricha* sp., *Tenthophrys trisulca*, *Stentor* sp., *Euplotes* sp.), las amebas testáceas (*Cyphoderia ampulla*, *Diffflugia corona*, *Centropyxis ecornis*), y el rotífero (*Brachionus quadridentatus*). Las especies comunes fueron el ciliado *Fabrea salina*, la testacea *Arcella hemisphaerica*, rotíferos (*Bdelloideo* sp<sub>1</sub>, *Brachionus plicatilis* y *Colurella uncinata*), el foraminífero *Ammonia* sp., los Copépodos (*Boeckella poopuensis*, *Attheyella (Delachauxiella)* sp.). Varios de estos planctontes pueden ser considerados indicadores de las elevadas salinidades registradas en la laguna Llanquanelo como el ciliado *F. salina*, el rotífero *B. plicatilis* y el copépodo calanoideo *B. poopuensis* (Williams, 1998; De los Ríos et al., 2004) (Figura 16).

En el río Malargüe y los arroyos fueron dominantes las amebas testáceas (*A. hemisphaerica* y *C. ampulla*), el rotífero *Bdelloideo* sp<sub>1</sub> y los copépodos (*Attheyella (Delachauxiella)* sp. y *Metacyclops mendocinus*); como ocasional el ciliado *Cothurnia* sp. Como raras se registraron los ciliados *Frontonia* sp. y *Paramecium caudatum*, el dinoflagelado *P. achromaticum*, las amebas testáceas (*Centropyxis aculeata*, *Cyclopyxis* sp., *D. corona*, *Quadrullella* sp.), los cladóceros (*Macrothrix* sp, *Chydorus sphaericus*), los copépodos (*Apocyclops procerus*), los rotíferos (*Bdelloideo* sp<sub>2</sub>, *Bdelloideo* sp<sub>3</sub>, *B. plicatilis*, *Colurella* sp, *C. uncinata*, *Euchlanis dilatata*, *Lecane closterocerca*, *Lecane luna*, *Lecane hamata*, *Notholca acuminata*, *Notholca labis*, *Notholca squamula*) y el foraminífero *Ammonia* sp. La especie común fue el cladócero *Pseudochydorus globosus* (Figura 17).

En los bañados *A. hemisphaerica*, *B. plicatilis*, *B. quadridentatus* y *Bdelloideo sp<sub>1</sub>* y el copépodo *Attheyella (Delachauxiella) sp.* fueron dominantes. *Diffugia sp.* y *Macrocyclus albidus* fueron ocasionales y raras los ciliados *F. salina*, *Frontonia sp.*, varias testáceas: *C. aculeata*, *Cyclopyxis sp.*, *C. ampulla*, *Diffugia acuminata*, *Euglypha acanthophora*, *Quadrulella sp.*, los rotíferos *Brachionus rotundiformis*, *E. dilatata*, *Hexarthra fennica*, *L. hamata*, *L. luna*, el cladócero *Alona sp.*, el copépodo *Cletocamptus sp.* y los tardígrados indeterminados. Por último las especies comunes de estos ambientes fueron el foraminífero *Ammonia sp.*, el dinoflagelado *P. achromaticum*, el cladócero *P. globosus*, y los copépodos *Paracyclops fimbriatus*, y *M. mendocinus* (Figura 18).

*Arcella hemisphaerica* el rotífero *Bdelloideo sp<sub>1</sub>* y el copépodo *Attheyella Delachauxiella sp.* fueron dominantes en los bañados, los arroyos y el río Malargüe, mientras que estos ambientes compartieron como común a *Pseudochydorus globosus*.

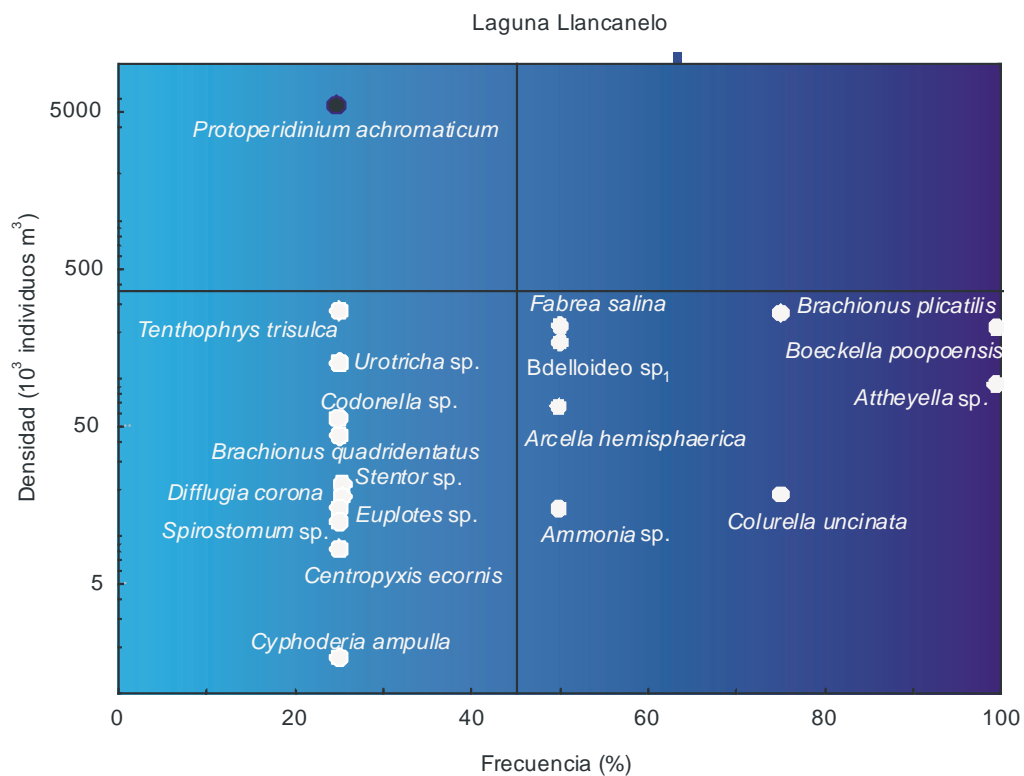


Figura 16. Test de Olmstead y Tukey en la laguna Llancalelo (especies en tres cuadrantes, II ocasionales, III comunes y IV raras).

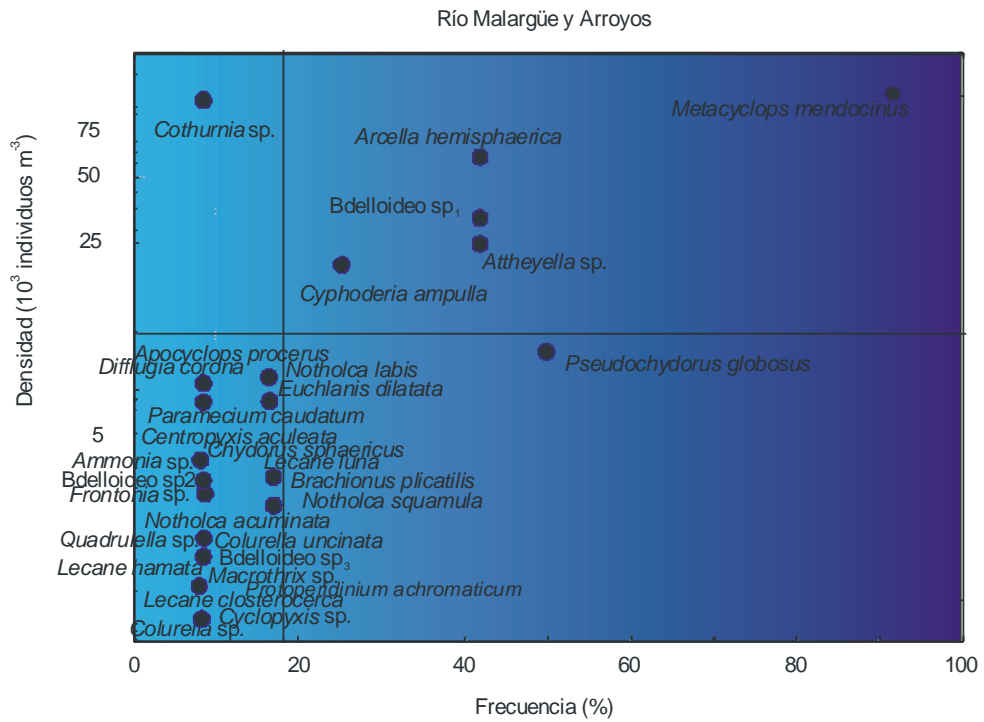


Figura 17. Test de Olmstead y Tukey en el río y los arroyos (especies presentes en los cuatro cuadrantes, I dominantes, II ocasionales, III comunes y IV raras).

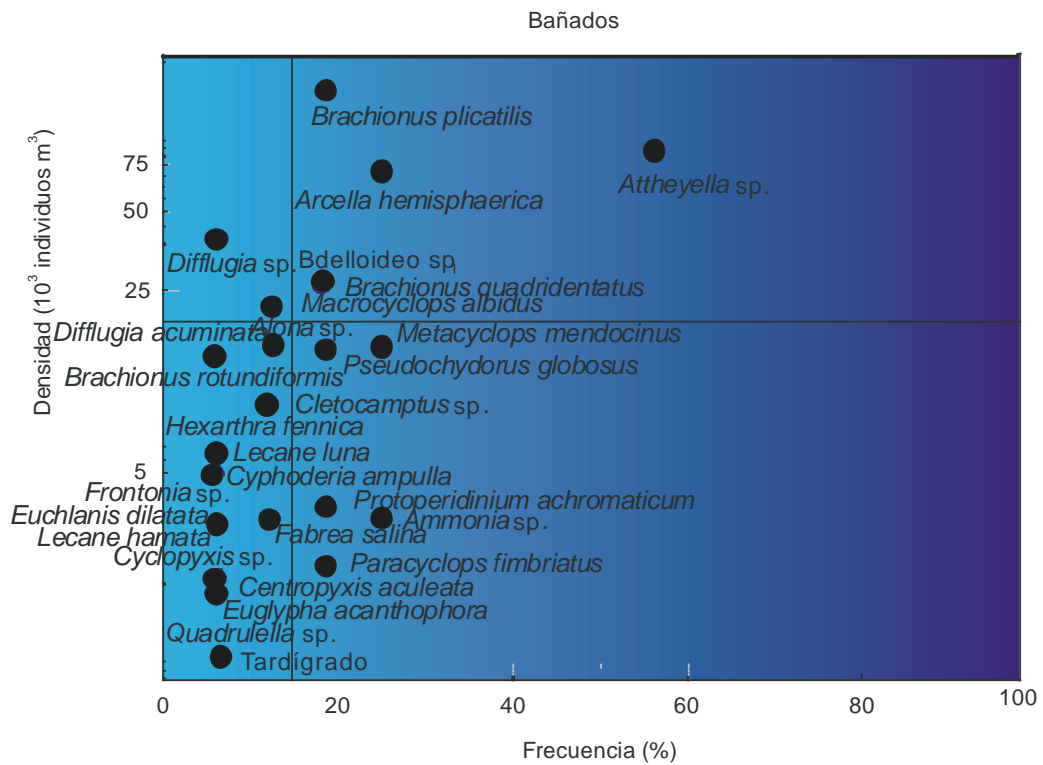


Figura 18. Test de Olmstead y Tukey en los bañados (especies en tres cuadrantes, I dominantes, II ocasionales, III comunes y IV raras).

La laguna Llanquanelo es un ambiente que presentó una salinidad media de  $25,31 \text{ g l}^{-1}$  que varió entre  $9,3 \text{ g l}^{-1}$  –  $44,3 \text{ g l}^{-1}$ , siendo hiposalina a mesosalina.

La riqueza específica del zooplancton en todos los ambientes analizados fue baja debido probablemente a la homogeneidad ambiental, registrándose una relación inversa con la concentración de sales en coincidencia con lo observado por Locascio de Mitrovich *et al.* (2005) en lagos someros de la Puna y por De los Ríos & Contreras (2005) en lagos salinos de Chile. Esta disminución del número de especies vinculada a la salinidad también fue señalada por Scheibler & Ciocco (2011) en su estudio de macroinvertebrados en el bañado de Carilauquén, concluyendo que el gradiente de salinidad es el principal factor que define las asociaciones de especies presentes en los sedimentos. Asimismo, estos autores indican que otro factor que regula las comunidades acuáticas en el sistema es su variabilidad hidrológica.

En el zooplancton se registró la presencia de especies con preferencia por salinidades elevadas como los rotíferos *Brachionus plicatilis*, *B. rotundiformis* y *Hexarthra fennica*, consideradas eurihalinas y cosmopolitas que muestran preferencia por aguas salobres donde existe un predominio de iones cloruros (Ruttner- Kolisko, 1974). En este mismo tipo de ambientes puede encontrarse a *Boeckella poopensis*, copépodo colectado en lagos salados poco profundos en el altiplano Andino de Argentina, Bolivia, Chile y Perú, y en el sur de Argentina., donde llega a tolerar salinidades de 5 hasta  $90 \text{ g/l}$  (Acosta *et al.* 2003, De los Ríos & Crespo 2004, De los Ríos & Contreras 2005). Según Margalef (1983), el género *Boeckella* sustituye a los diaptómidos en la parte más austral de Sudamérica y principalmente en áreas donde los calanoideos no han estado sometidos a la presión de peces planctófagos. La escasa abundancia pero elevada frecuencia de aparición del centropágido *Boeckella poopensis* puede estar vinculada a que constituye el alimento preferido de las especies de *Phoenicopterus* (Locascio de Mitrovich *et al.* 2005). En general, la estructura del zooplancton representa una trama trófica bastante sencilla con preponderancia de formas pastoreadoras aunque estuvieron presentes también especies omnívoras como los copéodos ciclopoideos.

Presenta especies indicadoras de alta salinidad como el ciliado *Fabrea salina*, las especies de carófitas *Chara halina* y *Lamprotamnium haesseliae* y *Chara hornemanni* (D'Ambrosio *et al.* 2012b) y el molusco *H. parchappii* que es el único que puede sobrevivir con una conductividad de  $16 \text{ mS cm}^{-1}$  (De Francesco 2010).

En la laguna, *Limnocythere staplini* es la especie dominante, se encontraron hembras y machos indicando reproducción sexual que es la estrategia más relevante para esta especie para poder sobrevivir a los cambios ambientales, por ejemplo cambios de salinidad (Schwalb et al. 2002). La presencia de *Alicenula* sp. y *Darwinula stevensoni* con sólo siete valvas en el centro de la laguna y también siete en Real de los Jueces, ambas partes cercanas a una zona de ingesión de agua dulce a la laguna, puede considerarse accidental como lo señalara De Deckker (1981) en ambientes salobres, y no significa que la especie pudiera vivir en este ambiente indefinidamente. Sucede algo similar con *Ilyocypris ramirezi* que aunque es eurihalina se encontraron pocos ejemplares y siempre relacionado a las mismas zonas que las especies citadas anteriormente.

### **3.4. CONCLUSIONES**

Todo lo expresado y resaltado anteriormente evidencia que la laguna no presenta especies exclusivas. Sólo *Limnocythere staplini* logró desarrollar una población abundante en toda la laguna y, en general, en todas las estaciones climáticas. Esta especie que presenta un 80 % de su abundancia total en la laguna podría considerarse indicador de condiciones salinas.

*Darwinula stevensoni*, *Alicenula* sp., *Heterocypris incongruens*, *Chlamydotheca arcuata*, *Chlamydotheca*. sp<sub>1</sub>, *Chlamydotheca*. sp<sub>2</sub> y *Potamocypris smaragdina* son especies abundantes a casi exclusivas de los bañados, indicando su gran afinidad al agua dulce y a ambientes lénticos, pudiendo considerarlas buenas indicadoras de estas condiciones.

*Ilyocypris ramirezi* y Cyprididae indet<sub>1</sub> son especies que se encontraron exclusivamente o en mayor porcentaje en los arroyos y el delta del río Malargüe, presentando afinidad al agua dulce y a la presencia de corriente de agua.

*Cypridopsis vidua* no es buen indicador de las condiciones ambientales dada su gran plasticidad, hallándose en los tres ambientes y *Stenocypris* sp. tiene casi el mismo porcentaje en los bañados como en los arroyos y el delta del río Malargüe.

## Capítulo 4: Ostrácodos Cuaternarios.



#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

El estudio de los cambios climáticos del Cuaternario es imprescindible para poder comprender la variabilidad climática, ecológica y biológica actual (Last & Smol 2001). En los últimos años se ha intensificado el análisis de paleoclimas y paleoambientes en cuencas marinas y continentales de Sudamérica y en particular de la Argentina, a fin de establecer interacciones climáticas y los modelos de circulación atmosférica del pasado.

Los sedimentos lacustres proveen un archivo natural continuo de la variabilidad climática y ambiental a nivel local, regional y global, las que se pueden reconstruir utilizando diversos 'proxies' biológicos (polen, ostrácodos, carófitos) y geológicos (sedimentología, geofísica, geoquímica), obtenidos de testigos con cronología detallada (Cohen 2003).

Los ostrácodos son 'proxis' únicos ya que son comunes en ambientes acuáticos, aportando información paleoclimática, paleobiogeográfica, paleoecológica, mediante el análisis de las asociaciones presentes (Laprida & Ballent 2008), y de la geoquímica de sus valvas (i.e. Chivas *et al.* 1983).

Mediante el estudio de asociaciones de ostrácodos se pueden inferir las características del ambiente en donde estas especies se desarrollaban, cómo estos ambientes cambiaron a través del tiempo, y deducir aspectos climáticos del momento en que estas especies vivían. En Argentina, en los últimos años, se han desarrollado numerosos estudios de ostrácodos cuaternarios, incluyendo la discusión de aspectos paleoambientales (Laprida & Cusminsky 2007). Los estudios de ostrácodos cuaternarios de la provincia de Mendoza son inexistentes mientras que de las condiciones paleoambientales del cuaternario en la región de Cuyo son escasos, principalmente debido a dificultades para obtener archivos sedimentarios continuos y con alta resolución temporal.

González *et al.* (1981) realizaron estudios de ostrácodos, carófitos y foraminíferos de sedimentos de depósitos de playa, líneas de ribera y subsuelo de las Salinas del Bebedero en la provincia de San Luis, vinculada a la cuenca del río Desaguadero. En la misma región, González & Maidana (1998) estudiaron las diatomeas cuaternarias y Rojo *et al.* (2012) el polen, determinando que en los últimos 12ka las temperaturas habrían sido mayores a las actuales y las precipitaciones menores. A su vez, García (1996) realizó

estudios de ostrácodos y carófitos en perfiles expuestos del Río Desaguadero (provincia de San Luis) y de la Quebrada del Zonda (provincia de San Juan).

De Francesco & Hassan (2009) y De Francesco (2010) realizaron estudios de moluscos en 45 sitios de la provincia de Mendoza, considerando que el Pleistoceno tardío y el Holoceno medio presentarían condiciones frías y áridas, para el Holoceno temprano refieren la existencia de un ambiente con mayor circulación del agua tomando en consideración la distribución de ciertas especies de moluscos registradas en ambientes separados por kilómetros de distancia, mientras que para el Holoceno tardío se presupone que hubo escasa circulación del agua generándose ambientes lénticos muy vegetados.

En la provincia de Mendoza los estudios de polen son numerosos, tanto en ambientes fluviales como en sitios arqueológicos. Paez *et al.* (2010), en su estudio de polen en once sitios de la provincia de Mendoza, sugieren que el Holoceno temprano estuvo asociado a condiciones frías con posterior aumento de temperatura, para el Holoceno medio ambientes sujetos a una aridización regional y para el Holoceno tardío indican condiciones hidrológicas o edáficas. Hassan *et al.* (2012) realizaron estudios de diatomeas actuales y cuaternarias en 45 sitios de la provincia de Mendoza, concluyendo que en la zona Puesto Moya (sobre el río Atuel) la asociación de diatomeas presente indicaría que entre los 1.700 y 800 años <sup>14</sup>C AP el ambiente tendría un bajo nivel hidrométrico asociado a períodos de desecación, encontrando taxones de agua dulce a ligeramente salinos.

Siendo escasos todavía los estudios paleoecológicos de la región, Navarro *et al.* (2012) realizaron una síntesis de los mismos confeccionando las posibles condiciones ecológicas que se presentaron en el Holoceno, respecto a las actuales (Figura 1). En esta síntesis reunieron estudios del área de Mendoza, Patagonia Norte, Chile Central y Región de los Lagos de Chile, donde se utilizaron como “proxies” moluscos, polen, carbón y diatomeas. Navarro *et al.* (2012) concluyeron que durante el Holoceno temprano las condiciones eran áridas (cálidas y secas), desarrollándose ambientes palustres someros en el sur de Mendoza. Para el Holoceno medio plantean máximas precipitaciones en la cordillera del sur de Mendoza hacia ~6 y 4ka mientras que para el Holoceno tardío definen la existencia de ambientes con mayor humedad entre los 3,2 y 1,9ka, señalando que durante los 1,9 a 0,5ka las condiciones serían similares a las actuales o más secas.



El sur de la provincia de Mendoza se halla sujeto a los vientos que ingresan desde el Océano Pacífico (Zona de Convergencia del Pacífico Sur) que descargan su humedad sobre la cordillera de los Andes del lado chileno, produciendo condiciones semiáridas y áridas en Argentina que se acentúan hacia el este (Schabitz 2003). A su vez, las masas de aire provenientes de la zona de convergencia del Atlántico Sur se cargan de aire húmedo provenientes del centro del continente y son responsables de las precipitaciones de verano (Navarro *et al.* 2012).

En la región Patagónica, deben destacarse los trabajos realizados por Cusminsky & Whatley (1996), Cusminsky *et al.* (2011) Whatley & Cusminsky (1995 y 1999) quienes compararon asociaciones de ostrácodos modernos y cuaternarios de Patagonia central/norte en función de la conductividad, con *Limnocythere* como género dominante, determinando que los ostrácodos son buenos indicadores de cambios en las condiciones hidrológicas. Describieron 5 nuevas especies *Limnocythere patagonica*, *L. rionegroensis*, *Eucypris virgata*, *E. labyrinthica* e *Ilyocypris ramirezi*. También determinaron que durante el Pleistoceno superior la región de la laguna Carilaufquen presentaba elevadas precipitaciones, originando una laguna profunda que luego disminuyó de tamaño por las condiciones áridas surgidas en el Holoceno.

Schwalb *et al.* (2002) estudiaron en el lago Cardiel y la laguna Carilaufquén la  $\delta^{18}O$ ,  $\delta^{13}C_{DIC}$  (carbono inorgánico disuelto) en valvas de ostrácodos actuales y en el agua para así poder calibrar e interpretar los resultados obtenidos en los testigos. Estos autores reconocieron tres grupos de ostrácodos según el tipo de ambiente que ocupaban, los que a su vez se caracterizaron por la presencia *Darwinula* sp. y *Heterocypris incongruens*, *Eucypris fontana*, *Amphicypris nobilis*, *Ilyocypris ramirezi* y distintas especies de *Limnocythere*.

Luego, Markgraf *et al.* (2003) estudiaron sedimentos holocenos del lago Cardiel (ostrácodos, isótopos estables, polen, diatomeas, algas verdes) relacionando niveles hidrométricos elevados del lago con precipitaciones inducidas por El Niño indicando que el efecto del ENSO es muy marcado en el Sur de los Andes. En la región Patagónica también se han realizado estudios geofísicos en los lagos Cardiel y Potok Aike (Beres *et al.* 2008, Anselmetti *et al.* 2009), y en Lago Mallín Vaca Lauquén (N de la provincia de Neuquén) se realizaron estudios de polen, fuego y carófitos (Markgraf *et al.* 2008). Los estudios de polen realizados por Schabitz (2003) determinaron condiciones áridas a semiáridas para los últimos 13ka en el norte de la Patagonia.

En la región pampeana, los trabajos se centralizan principalmente en la provincia de Buenos Aires. Ferrero (1996) realizó estudios de ostrácodos en una secuencia aflorante del río Quequén Grande, zona estuarial con agua salobre. García (1996) analizó ostrácodos y carófitos de agua dulce en perfiles expuestos cercanos a la ciudad de La Plata y en el Arroyo Azul mientras que Bertels & Martínez (1997) efectuaron estudios de ostrácodos en perfiles expuestos del Arroyo Napostá Grande. Laprida *et al.* (2009) y Laprida & Valero-Garcés (2009) analizaron testigos cortos extraídos en la laguna Chascomús y en la laguna del Monte cubriendo los últimos 500 años, evaluando ostrácodos, características sedimentológicas, susceptibilidad magnética, contenido de metales pesados y carbono total. En la provincia de Entre Ríos puede mencionarse la investigación efectuada por Zabert & Herbst (1986) de la fauna de ostrácodos en el arroyo Perucho Verna. En el noreste de Argentina, Zabert (1981) estudió los ostrácodos del perfil de Taco Pozo (provincia de Chaco).

En relación con esta tesis y dado que existen taxones en común, es importante destacar la investigación sobre ostrácodos realizada por Mourguiart & Carbonel (1994) y Mourguiart *et al.* (1998) analizando ostrácodos actuales y cuaternarios del Altiplano Boliviano, particularmente en el lago Titicaca, Bolivia. Estos autores lograron establecer qué características como la profundidad del lago y aspectos químicos del agua (sales totales disueltas y la relación Mg/Ca), controlan la distribución de los ostrácodos, en particular especies de *Limnocythere* y *Cyprideis*. En varios lagos del altiplano chileno (Laguna seca, Miscanti y del Negro Francisco), Schwalb *et al.* (1999) realizaron la reconstrucción paleoclimática, utilizando isótopos estables en ostrácodos y carbono autógeno.

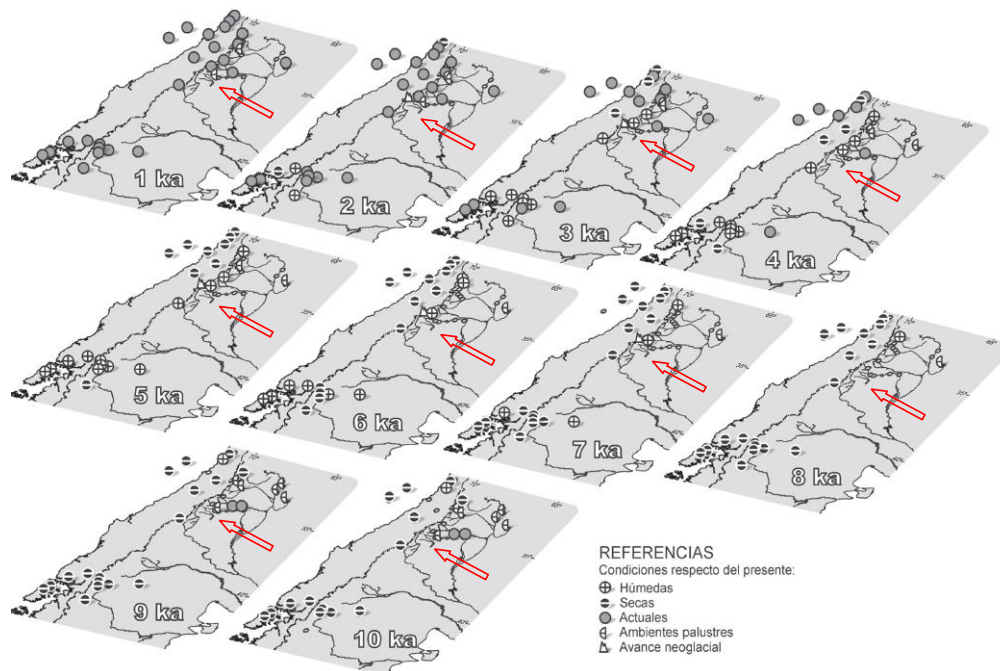
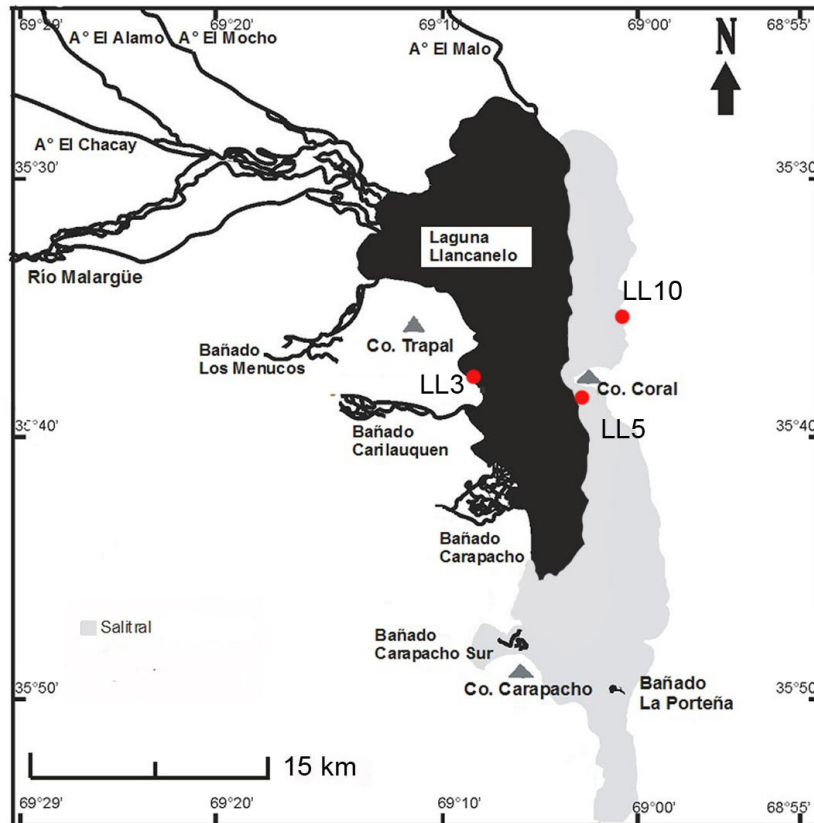


Figura 1. Síntesis de los cambios paleoambientales realizada por Navarro *et al.* (2012). La flecha roja indica la laguna Llançanelo (Tomado de Navarro *et al.* 2012).

## 4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.2.1. Colección de los testigos

Durante campañas realizadas en 2009 se recorrió el perímetro y zonas poco profundas de la laguna de Llançanelo a fin de reconocer y seleccionar áreas de interés para la toma de testigos. En enero de 2010 se colectaron un total de nueve testigos en tres sitios localizados en el E y O de la laguna (Figura 2). Para la obtención de los testigos se utilizó un vibracore, operado manualmente y usando un martillo hidráulico para facilitar la penetración (Figura 3). El método de vibracore es útil para penetrar sedimentos no consolidados de grano grueso (Cohen 2003).



**Figura 2: Ubicación de los sitios de extracción de los testigos (círculo rojos)**

Los testigos varían entre 4,5 a 10 m de longitud y fueron colectados con tubos de PVC de 50 mm de diámetro. Se colectaron tres testigos en cada sitio, LL1, LL2 y LL3 al oeste, en “La Playa”, los testigos LL5, LL6 y LL7 al este de la laguna, en cercanías del Cerro Coral, y los testigos LL9, LL10 y LL11 en “el salitral”, también al este de la laguna.

Los datos de extracción y la longitud total de cada testigo se adjuntan en la tabla 1. Cada metro del testigo obtenido en tubos de PVC se mantuvo horizontal en frío para evitar la pérdida de agua, el movimiento intersticial de la misma y la compactación.

Tabla 1: Ubicación geográfica de los sitios de extracción y longitud de los testigos.

Testigo	Localización	Longitud (m)	Latitud	Longitud
LL 1	Playa	2,0	S 35° 38' 54,7"	O 69° 0,9' 39,4"
LL 2	Playa	9,0	S 35° 38' 54,7"	O 69° 0,9' 39,4"
LL 3	Playa	9,0	S 35° 38' 54,7"	O 69° 0,9' 39,4"
LL 5	Cerro Coral	5,0	S 35° 38' 27,9"	O 69° 0,6' 03,2"
LL 6	Cerro Coral	4,5	S 35° 38' 27,7"	O 69° 0,6' 03,3"
LL 7	Cerro Coral	6,0	S 35° 38' 28,4"	O 69° 0,6' 03,2"
LL 9	Salitral	1,9	S 35° 36' 16,9"	O 69° 0,3' 38,3"
LL 10	Salitral	10,0	S 35° 36' 16,9"	O 69° 0,3' 38,2"
LL 11	Salitral	6,5	S 35° 36' 18,3"	O 69° 0,3' 37,4"

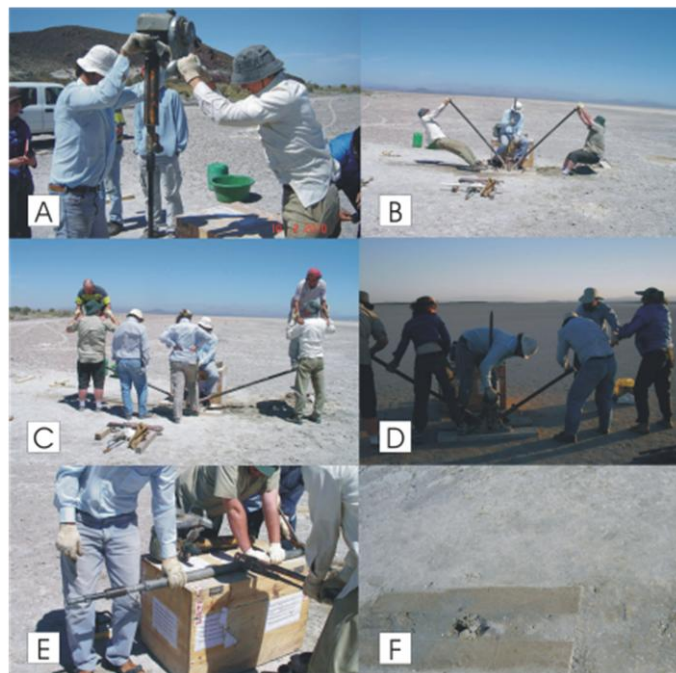


Figura 3: A. Vibracore introduciéndose en el sedimento. B, C y D Método de palanca para retirar el testigo. E. Apertura de la parte del vibracore que lleva el tubo de PVC y la válvula de retención. F. Marca de la plataforma y del diámetro del pozo producido por el “vibracore”.

Los testigos fueron enviados a la Universidad de Wollongong, Australia donde se almacenaron en una cámara de frío a 4° C mantenidos en posición horizontal hasta su

apertura. Los testigos se abrieron y seccionaron siguiendo la metodología de Chivas *et al.* (2001).

#### **4.2.2. Apertura de los testigos**

Se eligió un testigo de cada sitio realizando su apertura sagitalmente con una sierra circular sin llegar a cortar todo el plástico evitando así el contacto con la muestra y la contaminación de la misma. La apertura total se realizó con una pequeña espátula. Las muestras de 1 cm fueron tomadas cada 10 cm, evitando la zona de los bordes, quedando sólo un diámetro de 40 mm de muestra. Se tomaron muestras en niveles intermedios de considerarse relevantes. Asimismo, los niveles intermedios fueron tomados cada 1 cm y guardados como archivo en la cámara de frío de la Universidad de Wollongong. Antes de realizar la extracción de las muestras los testigos fueron descritos y fotografiados (Figuras 4 y 5).



**Figura 4. A: Apertura sagital con la sierra circular; B: Toma de fotografías; C: Ejemplo de un metro de testigo fotografiado.**

Cada muestra se dividió en:

- 1) 4 gramos para microfósiles
- 2) 10 gramos para XRF (fluorescencia de rayos X), XRD (difracción de rayos X) y tamaño de partículas
- 3) 2 gramos para polen
- 4) 2 gramos para diatomeas.

El testigo LL2 (réplica del LL3) fue abierto siguiendo la misma metodología, para analizarlo con un dispositivo portátil XRF (fluorescencia de rayos X).



Figura 5. A: Extracción de muestra; B: Porción de la muestra extraída con la espátula; C: Muestras separadas y guardadas; D: Finalización de apertura del testigo LL3 (10 tubos de PVC cortados y vacíos).

#### **4.2.3. Trabajo de Laboratorio**

Las muestras para el análisis de microfósiles fueron pesadas, luego secadas en estufa a 40 °C y pesadas nuevamente para obtener el porcentaje de agua. Luego, se lavaron en forma delicada con un tamiz de 63  $\mu\text{m}$  de abertura de malla. La fracción mayor a 63  $\mu\text{m}$  se secó en estufa a 40 °C. Posteriormente, con las muestras se realizó recolección (picking) bajo microscopio estereoscópico. Se extrajeron ostrácodos y foraminíferos, los cuales fueron contados y el resultado expresado en individuos por gramo.

Para la determinación específica de los ostrácodos se utilizó la misma bibliografía que en el capítulo 2.

#### **4.2.4. Dataciones**

Se realizó con  $^{14}\text{C}$  (AMS) en moluscos gasterópodos (*Heleobia parchappii*). Los ejemplares fueron extraídos de los niveles donde se evidenciaba que constituía material *in situ* por las características de la conservación de la valva. El material fue enviado a Ansto (Australian Nuclear Science and Technology Organization) donde se dataron seis niveles del testigo LL 3 y 3 del LL10.

### **4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.3.1 Dataciones y calibraciones**

Se realizaron 6 dataciones de C-14 en el testigo LL3 (tabla 2), y 3 en el testigo LL10 (tabla 3), las mismas fueron calibradas utilizando el programa CALIB 6.1. Se utilizó la calibración para la atmósfera del Hemisferio Sur, shcal04 (McCormac *et al.* 2004) para las edades menores a 11.000 años, exceptuando la edad de 9610 ya que al calibrarla queda en el límite de la curva de calibración shcal04. El resto de las muestras fueron calibradas con Intcal09, calibración para la atmósfera del Hemisferio Norte (Reimer *et al.* 2009). Todas las muestras fueron analizadas con un error  $2\sigma$ . En la Figura 6 se puede apreciar un modelo de años AP en relación con la profundidad para las edades sin calibrar y calibradas con sus respectivos errores.

El efecto reservorio fue analizado en valvas modernas de *Heleobia parchapii* dando como resultado ausencia de dicho efecto. Por lo tanto, se asumió que al no haber efecto reservorio la edad a los 0 cm es -60 (tomadas en el 2010) ya que las edades calendarios se expresan en años antes de 1950 o cal AP (Blaauw 2010), asumiendo 1950 como la edad 0.

La edad calibrada fue calculada utilizando las probabilidades obtenidas en Calib 6.1 y calculando la media ponderada (weighted average) ya que es el estimador más robusto (Telford *et al.* 2004). Se calculó la curva polinómica según la cantidad de muestras obteniéndose una curva polinómica de grado 3 para el testigo LL3 (Figura7) y una curva polinómica de grado 2 para el testigo LL10 (Figura 7). En base a la fórmula del polinomio se calculó para cada profundidad (cada 5 cm) la edad calibrada correspondiente y se graficó en el modelo de edad profundidad (Figura 8).

En la Figura 9 se muestran los modelos de edad realizados utilizando los datos obtenidos de Calib 6.1 en el software psimpoll. Se eligió un modelo de edad de interpolación lineal entre los datos ya que es considerado un buen estabilizador (Bennett 2006), y la media ponderada (*weighted average*) para los datos calibrados.

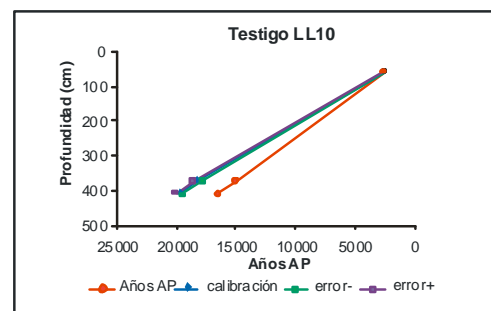
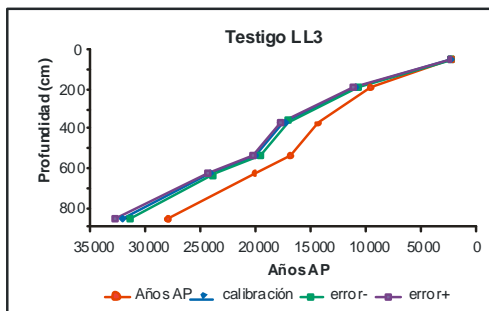


**Tabla 2: Resultados de las dataciones del testigo LL3 con <sup>14</sup>C realizadas con *Heleobia parchapii* .**

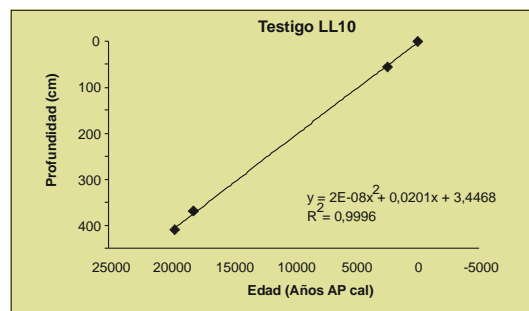
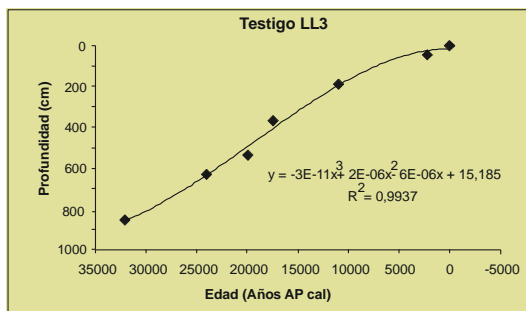
Código de ANSTO	Profundidad (cm)	Edad Radiocarbónica convencional		Edad Radiocarbónica calibrada	
		Años AP	Error 1 σ	Media ponderada/cal AP (Intervalo 2-σ)	Curva de calibración
OZO297	44	2270	45	2226(2118-2340)	Shcal04
OZO298	190	9610	60	10956(10753-11174)	Intcal09
OZO300	370	14360	80	17454(17127-17839)	Intcal09
OZO302	537	16820	90	19967(19580-20293)	
OZO299	630	20140	110	24065(23731-24419)	
OZO303	857	27950	180	32126(31534-32777)	

**Tabla 3: Resultados de las dataciones del testigo LL10 con <sup>14</sup>C realizadas con *Heleobia parchapii* .**

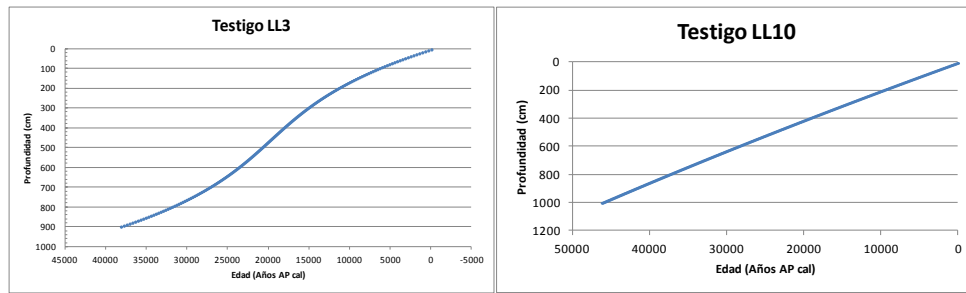
Código de ANSTO	Profundidad (cm)	Edad Radiocarbónica convencional		Edad Radiocarbónica calibrada	
		Años AP	Error 1 σ	Media ponderada/cal AP (Intervalo 2-σ)	Curva de calibración
OZQ 638	65	2445	40	2460(2337-2698)	Shcal04
OZQ 640	370	14820	90	18111(17690-18512)	Intcal09
OZQ 641	410	16440	80	19602(19410-19879)	Intcal09



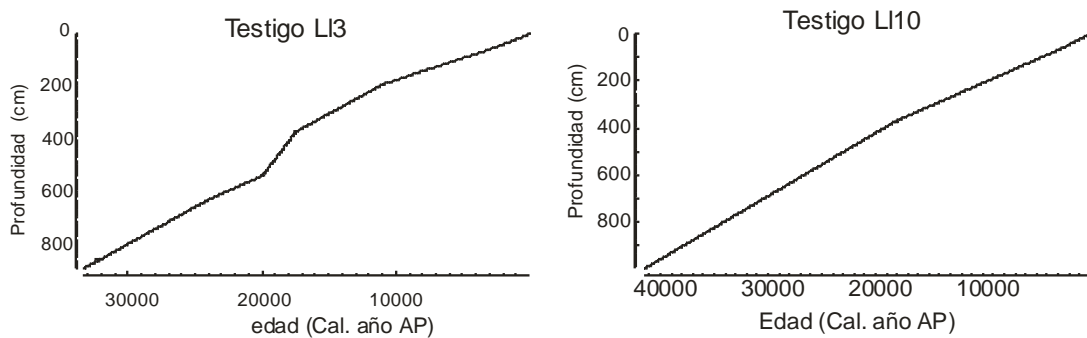
**Figura 6. Modelo años AP- profundidad obtenidos de dataciones <sup>14</sup>C utilizando gasterópodos *Heleobia parchapii*. Años AP: datos obtenidos por ANSTO. Los datos fueron calibrados utilizando CALIB 6.1 utilizando shcal04 (McCormac *et al.* 2004) e Intelcal09 (Reimer *et al.* 2009), todas fueron analizadas con un error 2σ.**



**Figura 7. Modelo edad (Años AP cal) – profundidad: utilizando sólo los valores obtenidos de las calibraciones y calculado con polinomio 3 (LL3) y con polinomio 2 (LL10).**



**Figura 8. Modelo edad (Años AP cal) – profundidad: calculado para cada profundidad (cada 5 cm) utilizando el polinomio 3 (Testigo LL3) y el polinomio 2 (LL10).**



**Figura 9. Modelo edad profundidad obtenido por psimpoll incorporando todas las probabilidades que se obtienen al calibrar las muestras con el calib 6.1.**

Lamentablemente en el testigo LL10 sólo hay 3 dataciones y son hasta los 410 cm. A los 430 cm comienzan a aparecer los sedimentos fluviales, por lo que la curva se hipotetizó hasta el final del testigo. Igualmente los primeros 400 cm en el modelo de edad obtenido en el psimpoll muestran una sedimentación lineal, similar a la obtenida en los primeros 200 cm del testigo LL3.

**4.3.2. Análisis sedimentológico**

**4.3.2.1. Testigo LL3**

Descripción sedimentológica e interpretaciones: se hace detalladamente según las características macroscópicas evidenciadas al abrir el testigo. La interpretación es sólo una inferencia relacionada al tipo de sedimento y la disposición del mismo.

Entre los 900 cm – 690 cm: Presencia de arena de grano fino y limo, bien laminado. Entre los 820 – 800 cm bandas negras que posiblemente sean tefras. Entre los 745 y 700 cm capa de ceniza gruesa oscura.

690 cm – 672 cm: Capa vidriosa de cenizas blancas, aspecto de dos fases distintas deposicionales.

672 cm – 600 cm: Arena grano fino limoso, bien laminado. Con presencia de ceniza volcánica negra (652 cm – 640 cm: capa negra de ceniza volcánica). Vulcanismo activo.

600 cm – 486 cm: Arena de grano fino, limo arcilloso, con sedimentos orgánicos, bien laminado. Ambiente lacustre.

486 cm – 400 cm: Capa rica en materia orgánica parda, arena fina a limosa. Bien laminado.

400 cm – 200 cm: Arena de grano fino a limo, bien laminado y con diferentes coloraciones.

Entre los 236 y 200 cm: Presencia de yeso. Ambiente lacustre de diferentes profundidades.

200 cm – 100 cm: Limo arcilloso, parcialmente laminado, con presencia de concreciones. Con presencia de yeso.

100 cm – 60 cm: Arenas de grano fino a limos, aspecto masivo, muy rico en yeso. Costa expuesta.

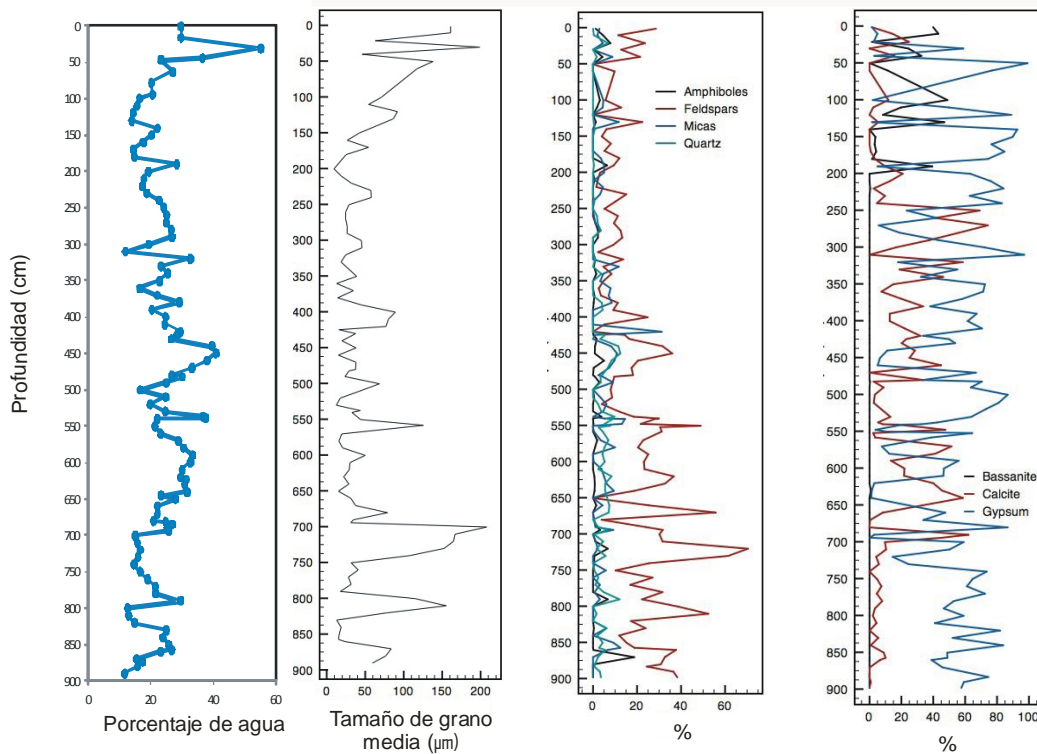
60cm – 7 cm: Arenas de grano fino, laminado, con 4 cm muy rica en moluscos a los 40 cm.

7cm – 0 cm: arenas medianas.

El testigo mostró un gran porcentaje de contenido de agua (Figura 10A) llegando a valores de casi 60% a los 31cm. La mayoría del testigo presentó más de 20% en el contenido de agua. Los niveles que presentaron entre 12% y 20% son 900-870 cm; 820-800 cm; 760-700 cm; 500 cm; 310-300 cm; 230-210 cm; 180-160 cm y 130-100 cm.

El gráfico de tamaño (Figura 10B) de grano muestra cuatro picos, tres de los cuales corresponden con niveles de cenizas que ocurren a los 820 cm, 750 cm y 550 cm y el otro pico a un aumento en el tamaño de arena entre los 160-130 cm.

En cuanto a la mineralogía, el testigo está dominado por minerales autogénicos, siendo el yeso el dominante que se alterna con la calcita. Según Connolly (2011) los niveles altos de minerales autogénicos (feldespato) se relacionan a los niveles de cenizas presentes en el testigo.



**Figura 10. A Porcentaje de agua, B Tamaño de grano, C Minerales alogénicos y D Minerales autógenos. (B, C y D tomados de Connolly, 2011).**

#### **4.3.2.2. Testigo LL10**

Descripción sedimentológica e interpretaciones: sigue los mismos parámetros que la del testigo LL3.

1000 cm – 920 cm: Presencia de limo a arcilla, con una laminación marcada.

920 cm – 600 cm: Arenas finas a medianas con una interrupción de 4 cm de espesor a los 900 cm de arcillas y de limos arenosos entre los 865 cm a los 833 cm.

600 cm -576 cm: Limos intercalados con limos orgánicos y la presencia de 3 capas orgánicas de casi 1 cm de espesor. Capa bien laminada.

576 cm – 542 cm: Arenas finas a medianas, bien laminadas. Evidencia un momento de baja energía, donde existiría un ambiente lacustre.

542 cm – 500 cm: Arenas finas a medianas, capa homogénea. Sedimento fluviales.

500 cm – 441 cm: Arenas finas a medianas intercaladas con finas arenas limosas. Hay presencia de laminaciones entre 7 cm a 3-4 mm. Presencia de columna de agua con variación de alta y baja energía.

441 cm – 400 cm: Arenas de grano fino a limo, homogéneo. Indicaría un ambiente de baja energía.

400 cm – 373 cm: Presencia de limo arcilla. Indicaría un ambiente de baja energía.

373 cm – 333 cm: Nivel limo arcilloso, con presencia de gasterópodos. Bien laminado, baja energía, ambiente lacustre.

333 cm – 300 cm: Arenas finas a medianas con muchos moluscos dispersos. Ambiente costero o lacustre de poca profundidad.

300 cm – 200 cm: Arenas finas a limos, con presencia de concreciones.

200 cm – 100 cm: Arenas finas a medianas, entremezcladas con limo, rico en yeso. Presencia de concreciones.

100 cm – 60 cm: Arenas finas a limos, laminaciones.

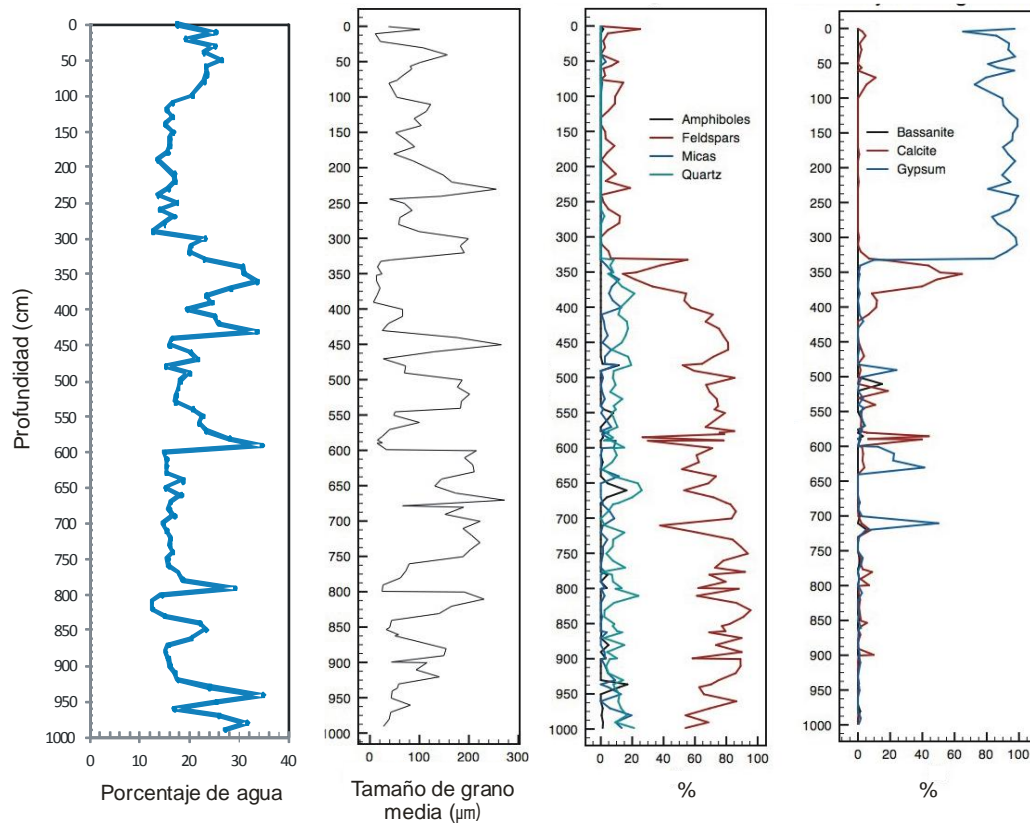
60 cm – 7 cm: Limo arcilloso, rico en yeso, con alto contenido de agua.

7 cm – 0 cm: Arenas mezcladas con yeso. Ambiente afectado por la erosión eólica.

El contenido de agua (Figura 11 A) en el testigo reveló 5 momentos donde el porcentaje de agua es mayor a 20%, los cuales ocurrieron a las siguientes profundidades 950 -930, 790, 590-540, 430-310 y 100-11,7 cm.

A lo largo del testigo se observa que existe una gran variación de energía de depositación, evidenciado en el gráfico de tamaño de grano (Figura 11 B) en la cual se detecta desde los 1000 cm a 850 cm baja energía, la cual aumenta hasta los 600 cm, exceptuando el área entre los 800 cm y 750 cm es un momento de baja energía. De los 600cm a la superficie es de relativamente baja energía pero se interrumpe por momentos de mayor energía entre 550-490, 470-430 , 340-280, 250 -190 cm.

En los análisis mineralógicos se observa que entre los 1000cm hasta los 340cm hay una disminución de los minerales alogénicos (Figura 11 C), existiendo tres momentos de reducción de los mismos alrededor de los 710, 600 y 350 cm donde se evidencian picos de minerales autogénicos mayores (Figura 11 D). A partir de los 340 cm hasta la superficie hay un aumento de los mismos, indicado por la gran cantidad de yeso. Los dos picos de disminución que se ven entre los 40 cm y los 11 cm y el segundo a los 5 cm se debe a la presencia de pumicitas en las muestras.



**Figura 11. A Porcentaje de agua, B Tamaño de grano, C Minerales alogénicos y D Minerales autógenicos. (B, C y D tomados de Connolly, 2011).**

### **4.3.3. Preservación**

Se utilizó la clave propuesta por Boomer *et al.* (2003), en el estudio bioestratinómico de las asociaciones de ostrácodos para clasificar las muestras de los testigos. Según las definiciones de Boomer *et al.* (2003), detalladas a continuación, las asociaciones de ostrácodos de las 93 muestras del testigo LL3 y de las 55 del testigo LL10 (no se tuvieron en cuenta los niveles estériles) se agrupan en:

1. Tanatocenosis de energía baja: indicaría perturbación mínima posterior a la muerte, son muy buenos indicadores de las condiciones ambientales donde vivía el ostrácodo. La mayoría de las muestras (89 del testigo LL3 y 44 del testigo LL10).
2. Tanatocenosis de alta energía: indicaría alguna perturbación post muerte, como corrientes, oleaje o actividad biológica, aún así se consideran buenos indicadores

del ambiente donde vivían. Las muestras fueron 9 (LL3 873/880/890, LL10 20/280/290/420/576/790) donde sólo se encontraron adultos (hembras) de *Limnocythere staplini*.

3. Tanatocenosis interrumpida: mortalidad juvenil. Se produce por muerte “in situ” por una catástrofe ambiental (como por ejemplo anoxia, cambios de salinidad) no pudiendo mudar a adultos. Sólo una muestra del testigo LL10 a los 810 cm, donde se encontró únicamente un caparazón juvenil de *L. staplini*.
4. Tafocenosis: perturbación posterior a la muerte, selección y transporte. La asociación no representa el ambiente donde vivía el ostrácodo. Las muestras fueron tres: una en el testigo LL3 a los 160 cm donde se halló un juvenil desarticulado de Cyprididae indet<sub>2</sub> y cuatro muestras del testigo LL10 a los 430 cm, 640 cm, 720 cm y 820 cm donde se hallaron juveniles desarticulados de *L. staplini*.

Se realizó un Índice Visual de Preservación (IVP) a las valvas de *L. staplini* para luego seleccionar las más adecuadas para su análisis en el ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*, Capítulo 5). Se determinó visualmente con microscopio estereoscópico. Se realizó una escala del 1 al 5 (Figura 12) que se detalla en la tabla 4, en la figura 13 se representan los índices de preservación a lo largo del testigo LL3, de *L. staplini* y en las figuras 14, 15 y 16 se observa un ejemplo de cada nivel del testigo analizado.

**Tabla 4. Índice Visual de Preservación**

Escala IVP	Característica de la valva
1	Transparente
2	Translúcido
3	Opaco
4	Blanco, bordes translúcidos
5	Blanco, recristalizado

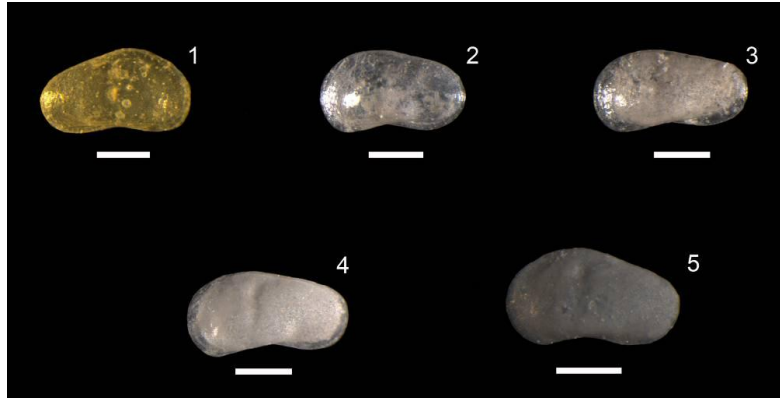


Figura 12. Índice Visual de Preservación, *L. staplini*, hembras, cada número corresponde a la escala del índice, 1. Tomado a 540 cm; 2 y 3. 20 cm; 4. 28 cm y 5. 500 cm. Barra de escala: 200  $\mu$ m.

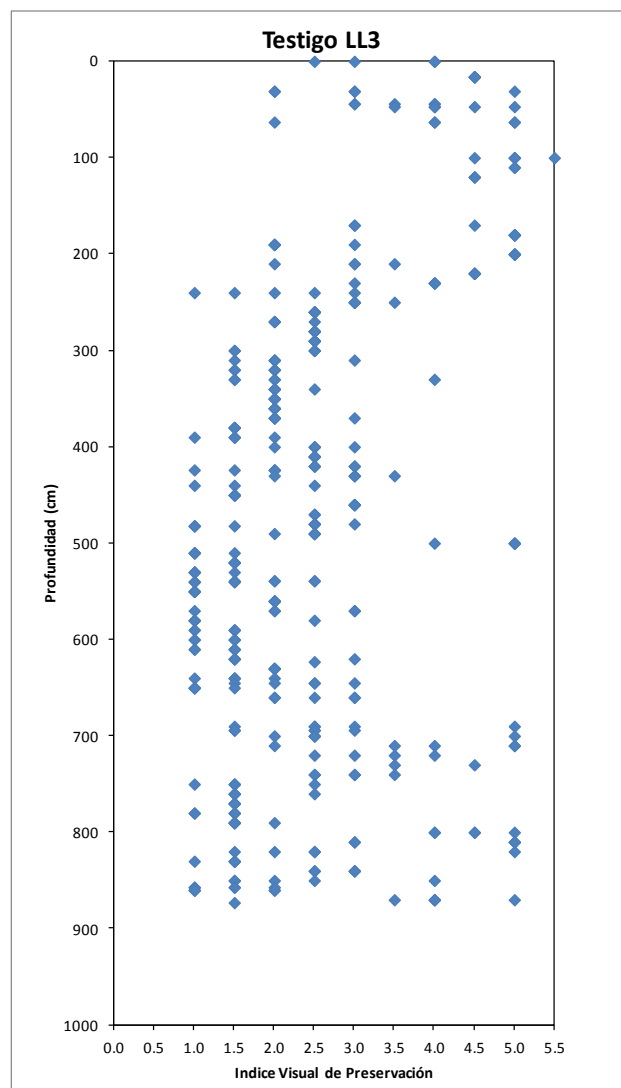


Figura 13. Distribución a lo largo del Testigo LL3 de la especie *Limnocythere staplini* según su IVP.



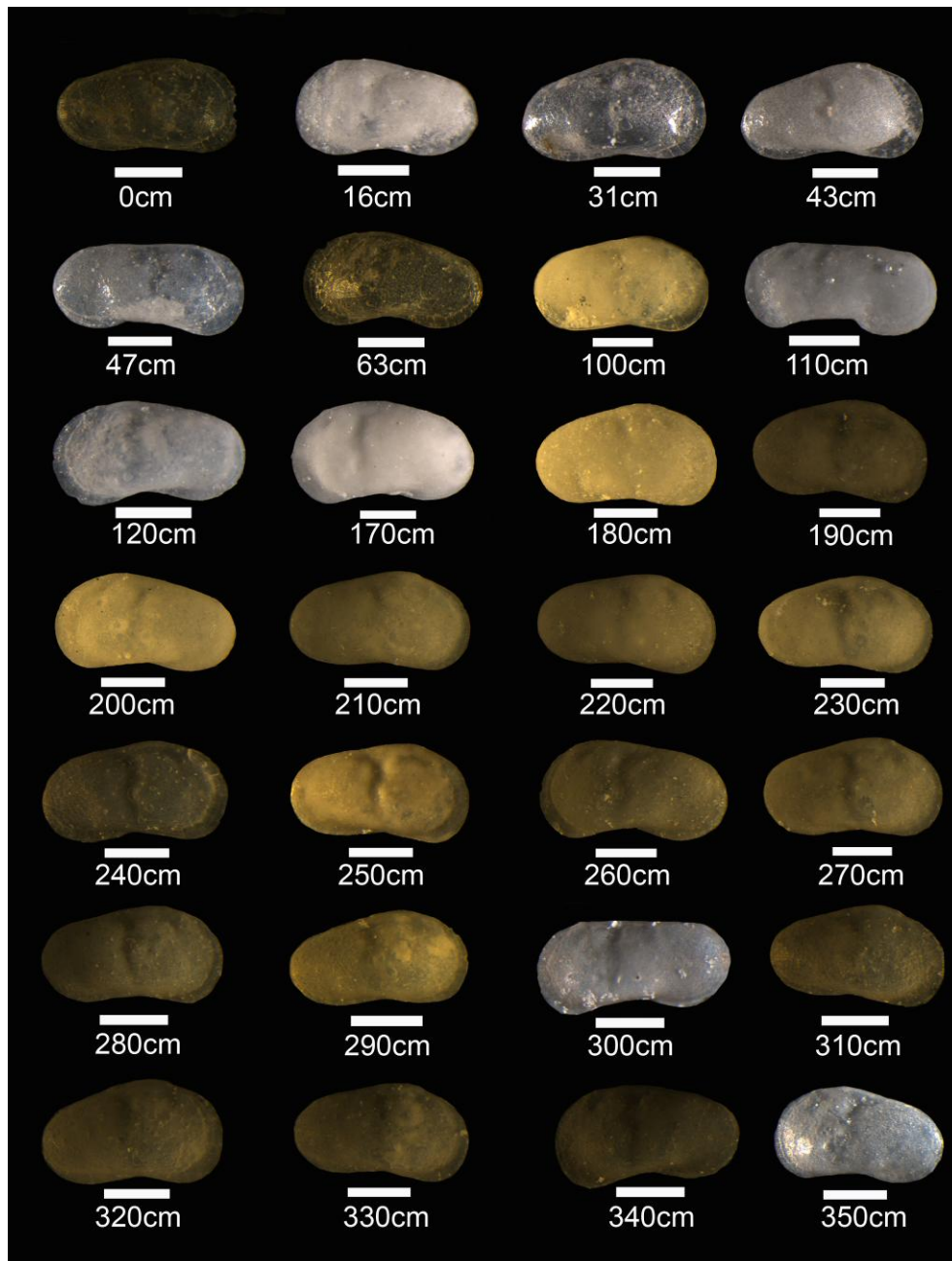


Figura 14. Valvas de *Limnocythere staplini* donde se observa la preservación de las mismas entre la superficie y los 350 cm de profundidad del testigo LL3.

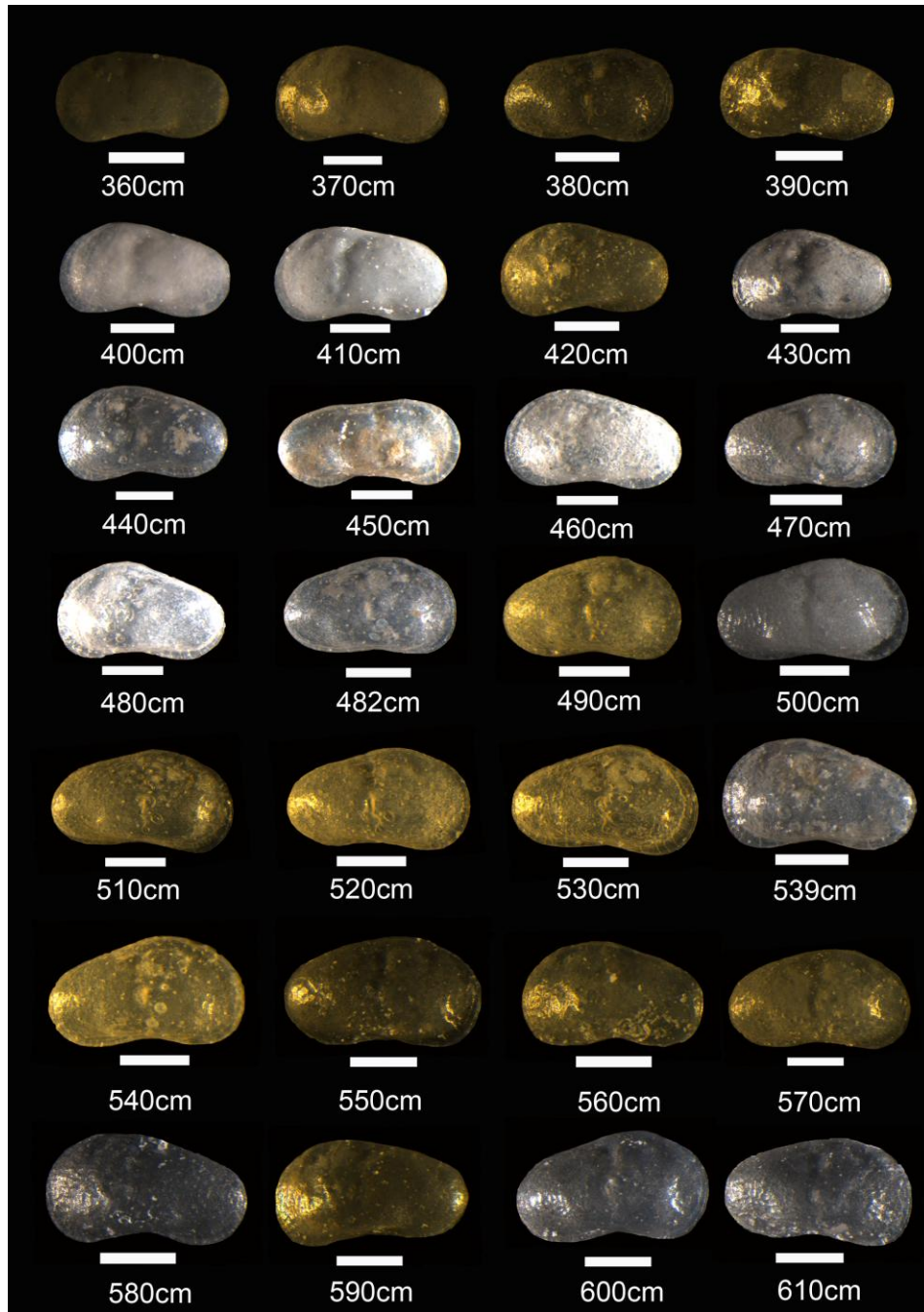


Figura 15. Valvas de *Limnocythere staplini* donde se observa la preservación de las mismas entre los 360 cm y los 610 cm de profundidad del testigo LL3.

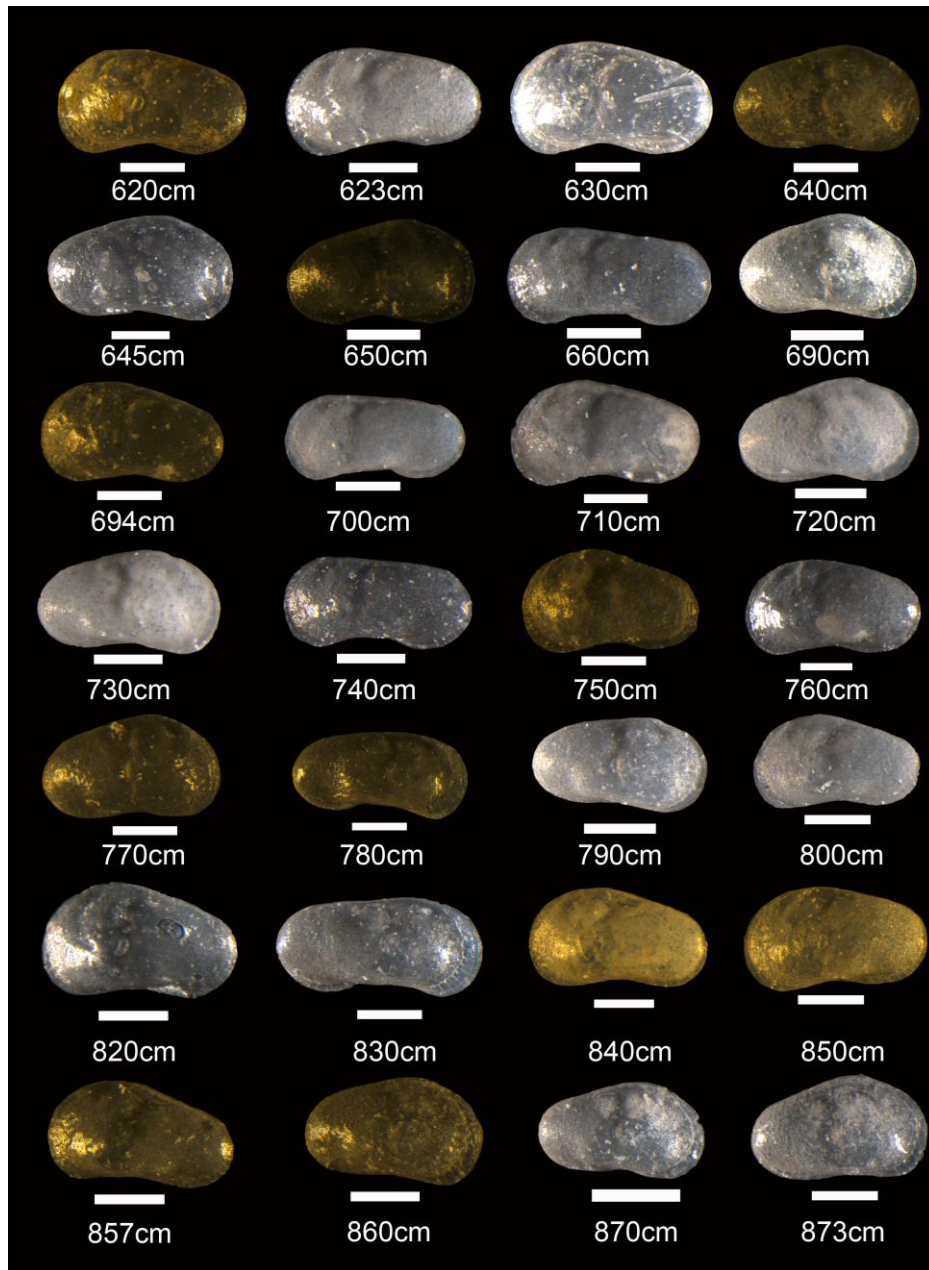


Figura 16. Valvas de *Limnocythere staplini* donde se observa la preservación de las mismas entre los 620 cm y los 873 cm de profundidad del testigo LL3.

Uno de los niveles más conspicuos por su gran preservación se desarrolla a los 650 cm de profundidad (~ 25.200 años cal AP) en el testigo LL3 donde se fotografiaron dos juveniles de *Eucypris fontana* donde se observan las setas sensoriales alrededor de toda la valva (Figura 17).

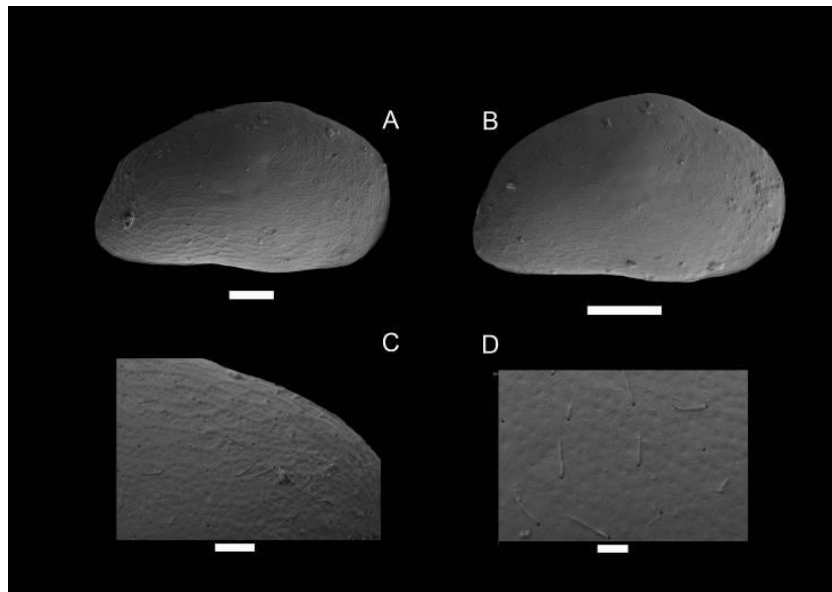


Figura 17. *Eucypris fontana*. Mostrando las setas sensoriales. A y B Juvenil VD, vista externa; C Detalle margen poster-ventral; D Detalle de la valva. Barra de escala: A=0,05 mm; B= 0,1 mm; C= 0,02mm; D= 0.01 mm. Material extraído del testigo LL3.

#### **4.3.4. Asociación de ostrácodos**

Se analizaron las asociaciones de ostrácodos en los dos testigos (LL3 y LL10), utilizando el software Psimpoll (Bennett 2006). Con el mismo programa se obtuvo la zonación a través de CONISS (*constrained cluster analysis by sum-of-squares*: análisis de agrupamiento restringido mediante suma de cuadrados) y los datos fueron transformados utilizando raíz cuadrada. Se analizó la zonación utilizando distintos métodos y se seleccionó CONISS por considerarse el más robusto. El resumen de los resultados de CONISS se expresa en términos de aumento de “dispersión”, la cual es mayor para la división de dos zonas y disminuye al aumentar las zonas agrupadas (Bennett 2006).

Los porcentajes de las especies se calcularon tomando como 100% el total de individuos presentes en la subzona/g.

#### **4.3.4.1 Testigo LL3**

##### **Análisis de asociaciones de ostrácodos**

Se analizaron 102 muestras, de las cuales: nueve resultaron estériles y 22 sólo presentaron una especie. Tanto las estériles como las muestras con un taxón se encontraron en la parte inferior y superior del testigo.

La asociación de ostrácodos encontrados en el testigo LL3 consta de 10 especies: *Alicenula* sp, *Limnocythere rionegroensis*, *Limnocythere staplini*, *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Cypridopsis vidua*, *Heterocypris salina*, *Eucypris fontana*, *Eucypris virgata*, Cyprididae indet.<sub>2</sub> y *Candona* sp<sub>2</sub>. Los cambios de asociaciones producidos a lo largo del testigo generaron 10 zonas o subzonas, las cuales están agrupadas en cuatro zonas bioestratigráficas determinadas por el análisis de cluster (CONISS). Las zonas bioestatigráficas, realizadas por el programa psimpoll, sólo se definieron por agrupamiento y similitud de especies presentes. En la Figura 18 la distribución se realiza en base a la profundidad y en la Figura 19 se realiza en base a las edades calibradas. Para apreciar la presencia de los taxa menos abundantes en la Figura 20 se utilizaron escalas independientes para cada taxón. En el anexo se adjuntan los valores de abundancia (ind/g) de cada especie por cada nivel analizado del testigo LL3 (tabla 4).

**Zona A (subzona 1 – 4):** Se desarrolla de los 900 cm hasta los 697 cm (~26ka). La laguna se caracteriza por presentar una asociación de ostrácodos con baja riqueza específica y abundancia, definida por la dominancia alternada de *L. rionegroensis* y *L. staplini*, acompañadas por *E. fontana* y sólo en escasos niveles por *E. virgata*.

*Limnocythere rionegroensis* es indicadora de ambientes de elevada salinidad, encontrándose en ambientes temporarios con altos niveles de evaporación (Cusminsky *et al.* 2005). A su vez se ha establecido en nuestros muestreos que *L. staplini* se encuentra actualmente en la laguna salina por lo cual es evidente que esta especie es capaz de tolerar altos niveles de salinidad también. Según Ramón Mercáu *et al.* (2012) *E. fontana* y *E. virgata* son especies eurihalinas. De acuerdo a esta asociación de especies se puede inferir que la laguna presentaría un nivel hidrométrico muy bajo, con elevada evaporación, lo que estaría asociado a un clima cálido.

**Subzona 1** (900 cm – 815 cm) Caracterizada por la presencia de *L. staplini*, *E. fontana* y *E. virgata*. La especie dominante es *L. staplini*. *Eucypris virgata* y *E. fontana* se encuentran con poca abundancia (< 2%) sólo a los 860 y 870 cm.

**Subzona 2** (815 cm – 785 cm) Caracterizada por la dominancia de *L. rionegroensis*, la cual es muy abundante. La presencia de *Eucypris fontana* es escasa (< 3%) y sólo en estadios juveniles.

**Subzona 3** (785 cm – 745 cm) Caracterizada por la dominancia de *L. staplini* y *E. fontana* (< 11 %). En la base de esta zona se encuentra *L. rionegroensis* (1 %) y *E. virgata* (<1 %) pero este último sólo en formas juveniles.

**Subzona 4** (745 cm – 697 cm) Caracterizada por la presencia de ceniza volcánica de 45 cm de espesor en su parte basal, originándose 10 cm estériles. Luego domina *L.rionegroensis*, pero relativamente con baja abundancia. A los 720 cm se encuentran formas juveniles de *E. fontana* (< 4%) poco abundantes y a los 710 cm aparecen formas juveniles poco abundantes (< 14 %) de *Alicenula* sp.

**Zona B (subzona 5)** Se desarrolla entre los 697 cm y los 358 cm (~16 ka) caracterizada por la presencia de 18 cm de cenizas (690 cm – 672 cm), la zona posee una asociación de ostrácodos con alta riqueza específica y abundancia. *Limnocythere staplini* (67%) y *E. fontana* (32%) son las especies dominantes, acompañado por *E. virgata* y *L. rionegroensis* (sólo en escasos niveles pero muy abundante), caracterizando este nivel como un ambiente de alta salinidad, y escasa profundidad. Se evidencian dos momentos de ingreso de agua dulce al sistema a los 640 cm y los 450 cm (~24 ka y ~19 ka, respectivamente) dado por la presencia de *Alicenula* sp y *Candona* sp<sub>2</sub>. *Cypridopsis vidua* es poco abundante y se encuentra presente en 2 niveles (580 cm y 380 cm). Esta especie, al ser cosmopolita y euritópica, no es buena indicadora ambiental.

**Zona C (subzona 6):** Se desarrollada entre los 358 cm y los 165 cm (~9 ka). Posee una asociación de ostrácodos de elevada riqueza y abundancia. Se caracteriza por la dominancia de *L. staplini* (71%), seguida por *Alicenula* sp (< 24%), *C. salebrosa hartmanni* (1,5%) y *E. fontana* (3,5%). Presenta dos momentos bien marcados: los 100 cm basales donde hay una gran abundancia de *Alicenula* sp, especie afín al agua dulce, acompañada por *C. vidua*. Luego a los 240 cm (~13 ka) se da el reemplazo por las especies *C. salebrosa hartmanni*, Cyprididae indet.<sub>2</sub> y *H. salina* que toleran amplios rangos de salinidad. Estas especies están

acompañadas por *E. vigata*, *L. staplini* y *E fontana* consideradas especies eurihalinas que caracterizan ambientes de mayor salinidad.

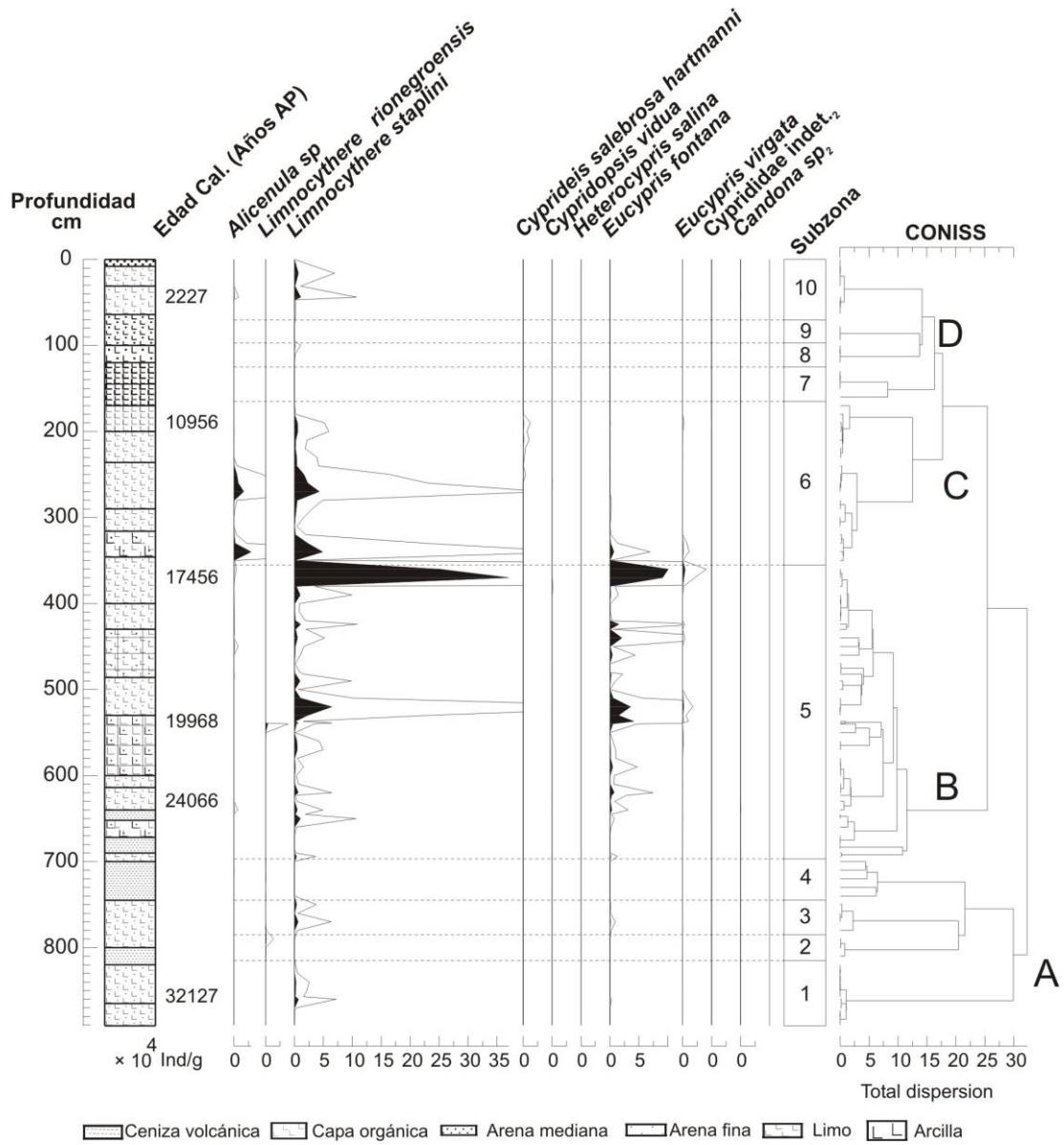
**Zona D (subzona 7 a 10):** Se desarrolla entre los 165 cm – 0 cm. Se da una clara disminución en la riqueza específica de especies. Se desarrolla durante los últimos 9 ka, donde hubo una alternancia de ambientes cálidos con elevados niveles de evaporación evidenciado por la presencia de yeso, produciéndose una disminución del tamaño de la laguna. Hay momentos de una laguna salina poco profunda, y momentos de una laguna menos salina (44 cm, ~2 ka) indicados por la presencia de *Alicenula sp* muy abundante y *Candona sp<sub>2</sub>* poco abundante. Por último la laguna vuelve a las condiciones de elevada salinidad y escasa profundidad dominada por *L. staplini* acompañada de sedimentos evaporíticos igual que lo que se encuentra actualmente en la laguna (últimos 20 cm, ~1 ka).

**Subzona 7** (165 cm – 125 cm) Caracterizada por sedimentos evaporíticos (yeso) y sólo en el nivel basal la presencia de Cyprididae indet.<sub>2</sub>, sólo con ejemplares juveniles desarticulados. Esto representaría una tafocenosis según Boomer *et al.* (2003). En este nivel se encontraron cuatro individuos foraminíferos de la especie *Amonia sp*.

**Subzona 8** (125 cm – 100 cm) Se caracteriza por la presencia de *L. staplini*, aunque es una subzona con una sola especie, ésta se encuentra bien representada con adultos (hembras y machos) y juveniles.

**Subzona 9** (100 cm – 70 cm) es un nivel estéril, caracterizada por sedimentos evaporíticos (yeso).

**Subzona 10** (70cm – 0 cm) se caracteriza por la la dominancia de *L staplini*, acompañado por *Alicenula sp.*(< 5%) y *Candona sp<sub>2</sub>* (< 1%) sólo en los niveles basales.



**Figura 18. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la profundidad, zonación y secuencia sedimentaria del testigo LL3.**



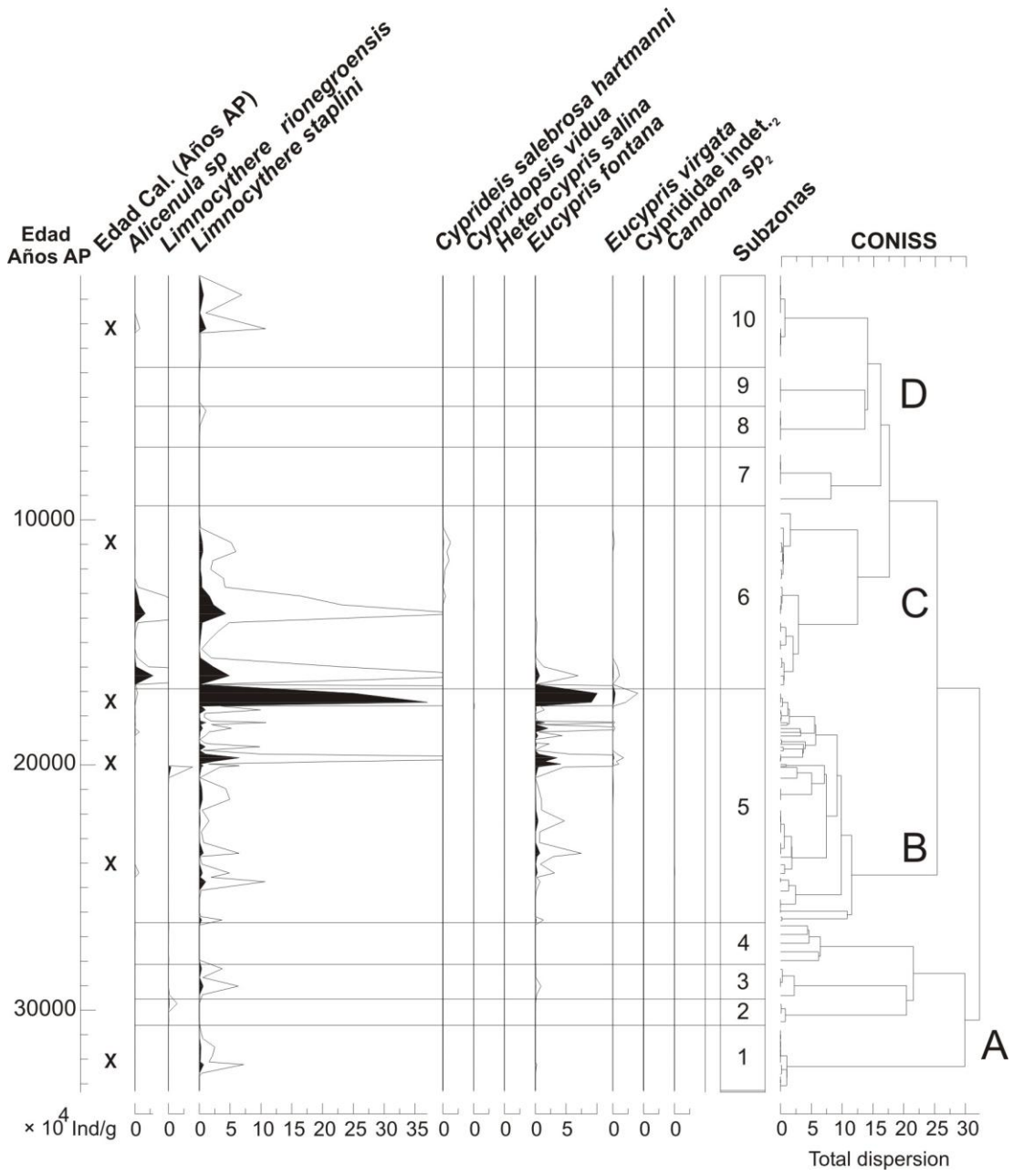


Figura 19. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la edad calibrada y zonación del testigo LL3.

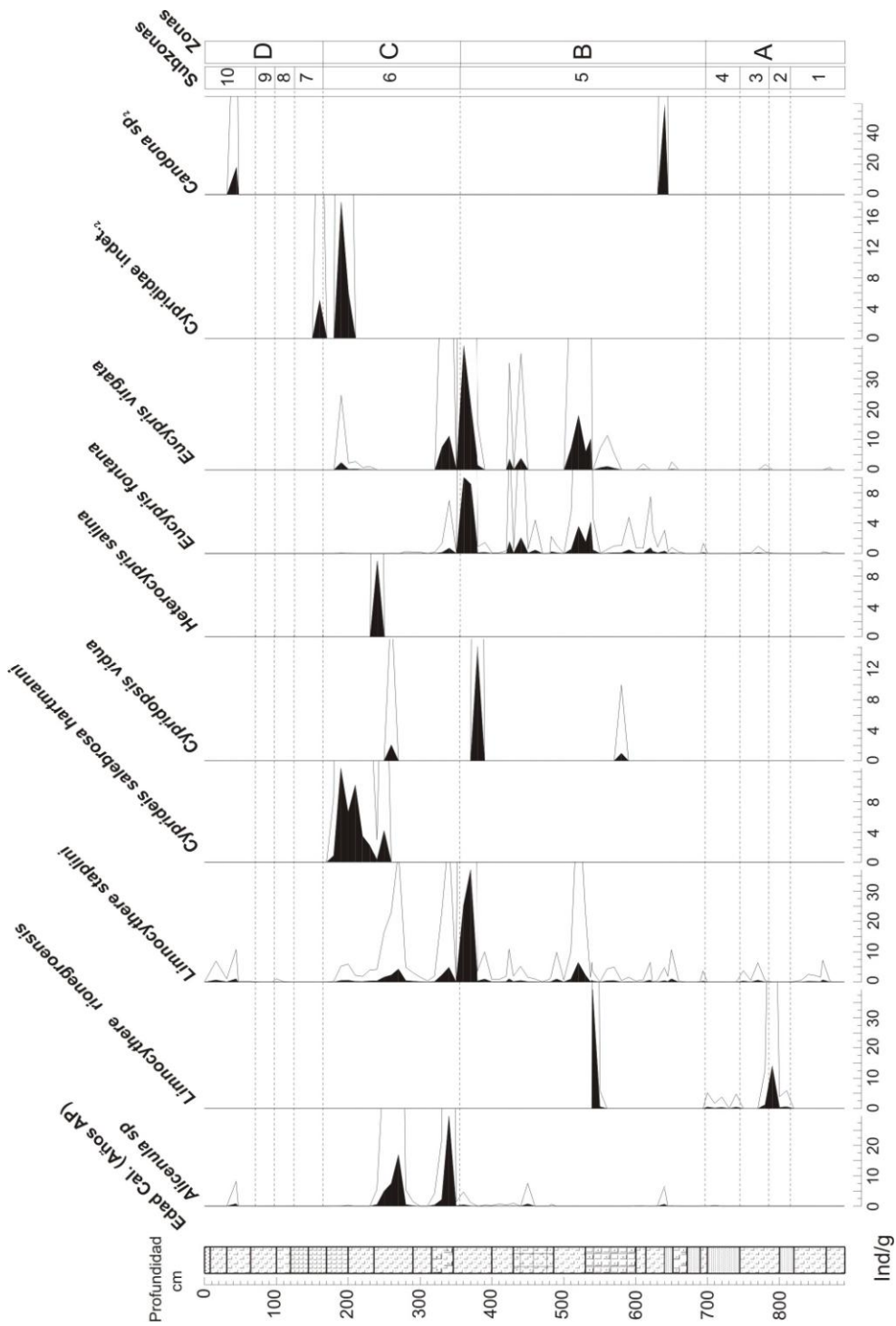


Figura 20. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la edad calibrada y zonación. Se utilizaron escalas independientes en los taxa para visualizar la presencia de los menos abundantes.

#### **4.3.4.2. Testigo LL10**

##### **Análisis de asociaciones de ostrácodos**

El testigo LL10 presentó varios niveles estériles (1000-841, 801-799, 771-730, 691-650, 571-480, 451-440, 271-240, 170-100), por lo cual en relación a la caracterización visual del sedimento presente en las muestras se evidenciaría una gran variación en la hidrología de la cuenca. Lamentablemente se confirmó posteriormente que en la zona donde se extrajo el testigo LL10 se encontraba a la altura de entrada de un paleocauce a la laguna (Figura 21).

Se analizaron 118 muestras, de las cuales 63 resultaron estériles, 30 sólo presentaron una especie. Ambos tipos de muestras se encontraron en la parte inferior y superior del testigo.

La asociación de ostrácodos encontrados en el testigo LL10 consta de 13 especies: *Cyprideis salebrosa hartmanni*, *Limnocythere staplini*, *L. rionegroensis*, *Alicenula sp*, *Candona sp<sub>1</sub>*, *Candona sp<sub>2</sub>*, *Cyprididae indet<sub>1</sub>*, *Eucypris fontana*, *E. virgata*, *Heterocypris salina*, *Heterocypris similis*, *Cypridopsis vidua* e *Ilyocypris ramirezi*. Los cambios de asociaciones producidos a lo largo del testigo generaron 10 zonas o subzonas, las cuales están agrupadas en cuatro zonas bioestadigráficas determinadas por el análisis de cluster (CONISS), en base a la profundidad (Figura 22) y en base a la edad calibrada (Figura 23). Para apreciar la presencia de los taxos menos abundantes en la Figura 24 se usaron escalas independientes para cada taxa. En el anexo se adjuntan los valores de abundancia (ind/g) de cada especie por cada nivel analizado del testigo LL10 (tabla 5).

**Zona A (subzona 1-2):** Se desarrolla de los 1000 cm hasta los 648 cm, se caracteriza por la presencia de minerales alógenicos, que evidencia la presencia de sedimento fluvial, de media energía, dando en consecuencia niveles estériles.

**Subzona 1** (1000 cm – 725 cm) Se caracteriza por la presencia de *C. salebrosa hartmanni* con una abundancia relativa de 71%, acompañada por *L. staplini* en 30 cm de espesor a los ~800 cm de profundidad.

A los 820 cm se da una tafocenosis, a los 810 cm una tanatocenosis interrumpida, a los 790 se produce una tanatocenosis de alta energía. El resto de la zona es estéril.

**Subzona 2** (725 cm – 648 cm) Los primeros 30 cm se caracterizan por la presencia de *L. staplini* pero con poca abundancia. El resto de la zona es estéril.

**Zona B (subzona 3 a 5)** Se encuentra entre los 648 cm y los 434 cm (~17 ka). Se caracteriza por la alternancia de una laguna salina somera, seguida por la presencia de un río de energía media evidenciado por sedimentos fluviales, el que está reemplazado por el desarrollo de una laguna menos salina.

**Subzona 3:** (648 cm – 600 cm) Se caracteriza por la presencia de *L. staplini*, que es la especie dominante (abundancia relativa de 99%) acompañada por *E. fontana*, *Alicenula sp* y *Candona sp<sub>1</sub>* con muy baja abundancia. Estas dos últimas especies son afines al agua dulce, pero al encontrarse en tan baja abundancia, podría deberse a un ingreso de agua dulce al sistema y accidental ingreso de estas especies.

**Subzona 4:** (600 cm – 580 cm) *Limnocythere rionegroensis* (55%), *L. staplini* (38 %) son las especies dominantes y están acompañadas por *E. fontana* (6%) y *H. salina*, sólo presentes a los 590 cm de profundidad. *Limnocythere rionegroensis* es indicadora de ambientes con elevados niveles de salinidad que se producen como consecuencia de importante grado de evaporación y que se encuentra con gran abundancia en ambientes efímeros (Cusminsky *et al.* 2005). La otra especie dominante, *L. staplini*, es una especie eurihalina que vive en salinidad elevada. *Heterocypris salina* es una especie que se encuentra comúnmente en aguas ligeramente salinas en rangos de oligohalina a mesohalina (0 a 18<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) (Meish 2000) y *E. fontana* es una especie eurihalina (Ramón Mercau *et al.* 2012). Esta asociación estaría indicando un ambiente lacustre de alta salinidad.

**Subzona 5:** (580 cm – 434 cm) Es una zona casi estéril excepto entre los 470 cm y 460 cm donde presenta una asociación dominada por *Candona sp<sub>1</sub>* (60%), que junto a *H. similis* (4% de abundancia relativa), especie hipohalina (Laprida *et al.* 2006), indicarían un ambiente afín al agua dulce. Tanto *L. staplini* (29%) como *C. vidua* (7%) son especies que toleran amplios rangos de salinidad y temperatura.

**Zona C (subzona 6 a 9)** Se encuentra entre los 434 cm y los 94 cm (~4 ka). Se caracteriza por una gran abundancia y riqueza específica de ostrácodos. Se produciría alternancia de una laguna salina y una laguna con menor salinidad y con momentos de retracción de la superficie de la laguna.

**Subzona 6:** (434cm – 277cm). Se caracteriza por una gran abundancia y riqueza de especies. Las especies dominantes son *L. staplini* (56 % de abundancia relativa) y *E. fontana*, (38% de abundancia relativa). Las especies acompañantes son *Alicenula sp* (con 3% de abundancia relativa) y *E. virgata*, *L. rionegroensis*, *Ilyocypris ramirezi*, *H. similis*, *Candona sp<sub>2</sub>*, *Candona*

*sp*<sub>1</sub>, Cyprididae indet.<sub>1</sub>, *C. vidua* y *C. salebrosa hartmanni* (todas con < 1% de abundancia relativa). *Limnocythere staplini* se encuentra lo largo de toda la zona, excepto a los 380 cm donde es reemplazada por *L. rionegroensis*.

Los primeros 50 cm se caracterizan por la presencia de las especies dominantes que indicarían niveles salinos.

A los 390 cm ocurriría un ingreso de agua dulce determinado por la presencia de *Ilyocypris ramirezi*, *Alicenula sp*, *H. similis*, *Candona sp*<sub>2</sub>, *Candona sp*<sub>1</sub>, Cyprididae indet.<sub>1</sub>, *C. vidua* y *L. rionegroensis* (abundante pero sólo representado en un nivel). *Limnocythere staplini* y *E. fontana* son muy abundantes y están bien representadas. *Ilyocypris ramirezi*, y Cyprididae indet <sub>1</sub> son especies relacionadas a ambientes lóticos de baja energía, ya que fueron encontradas en la actualidad en estos ambientes en la cuenca Llancanelo.

A los 350 cm se da la mayor abundancia de *L. staplini* con 68803 individuos/g.

A partir de los 330 cm a los 280 cm sólo se encuentra *L. staplini* muy abundante y bien representado. Podría indicar características de altas salinidades, con condiciones similares a la laguna actual.

**Subzona 7:** (277 cm – 232 cm) Es una subzona estéril caracterizada por la presencia de sedimentos evaporíticos (yeso).

**Subzona 8:** (232 cm – 180 cm) Se caracteriza por la dominancia de *L. staplini*, con un 99% de abundancia relativa, acompañada por *C. salebrosa hartmanni* presente sólo a los 180 cm.

**Subzona 9** (180 cm – 94 cm) -Es una subzona estéril caracterizada por la presencia de sedimentos evaporíticos (yeso).

**Zona D (subzona 10)** es la zona más superficial, desarrollándose desde los 94 cm, encontrándose solamente *L. staplini* con gran abundancia. Los últimos 10 cm son estériles, condición asociada a la posición actual de costa lejos del cuerpo de agua.

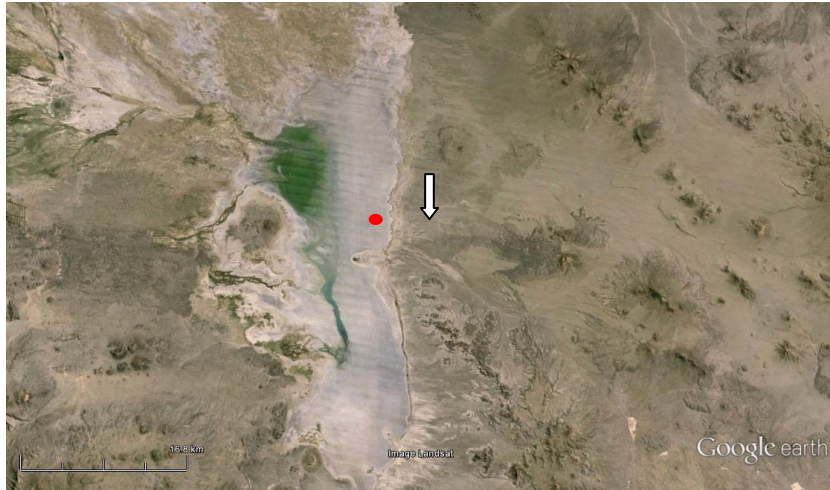


Figura 21. Imagen tomada del Google earth, del 4/9/13. El punto rojo indica la ubicación del testigo LL10 y la flecha indica la posición del paleocauce.

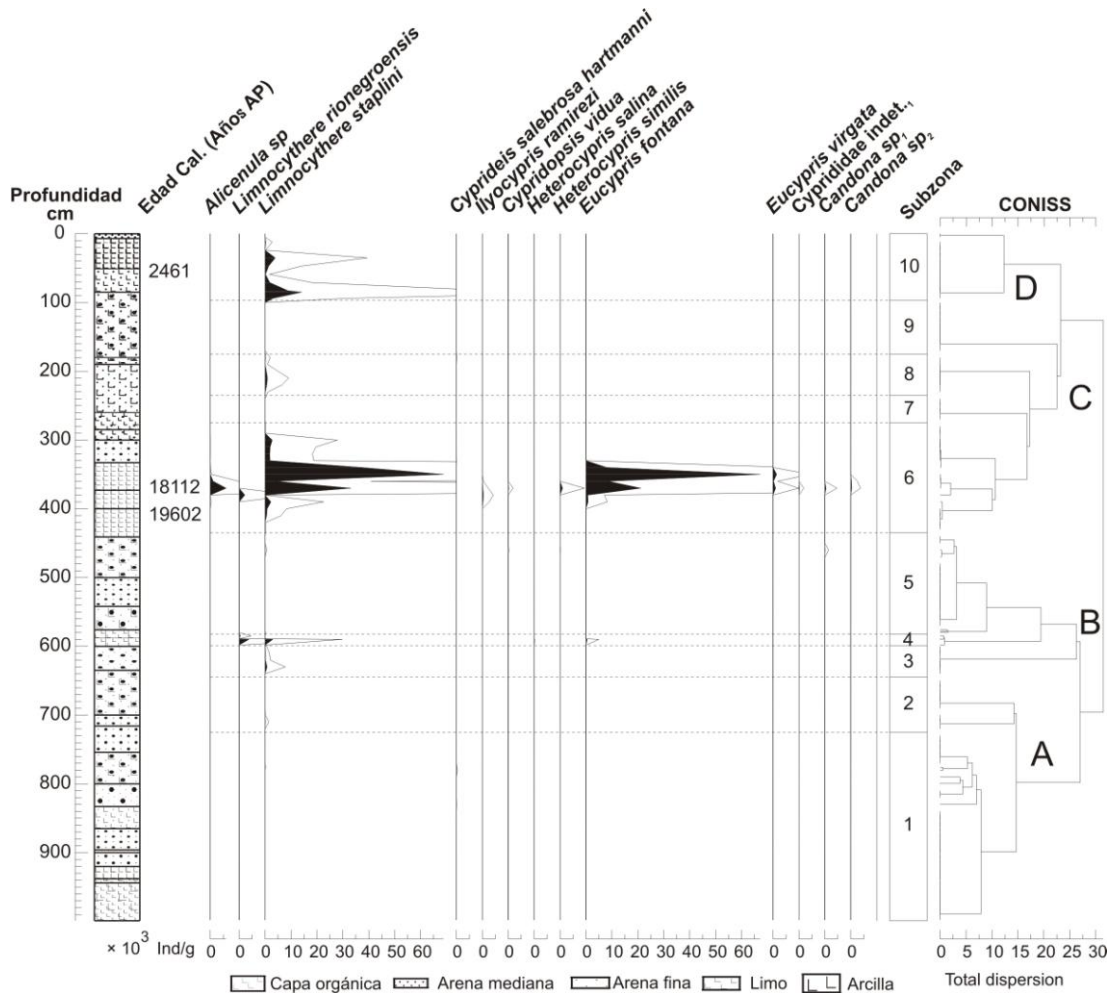


Figura 22. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la profundidad , zonación y secuencia sedimentaria del testigo LL10.

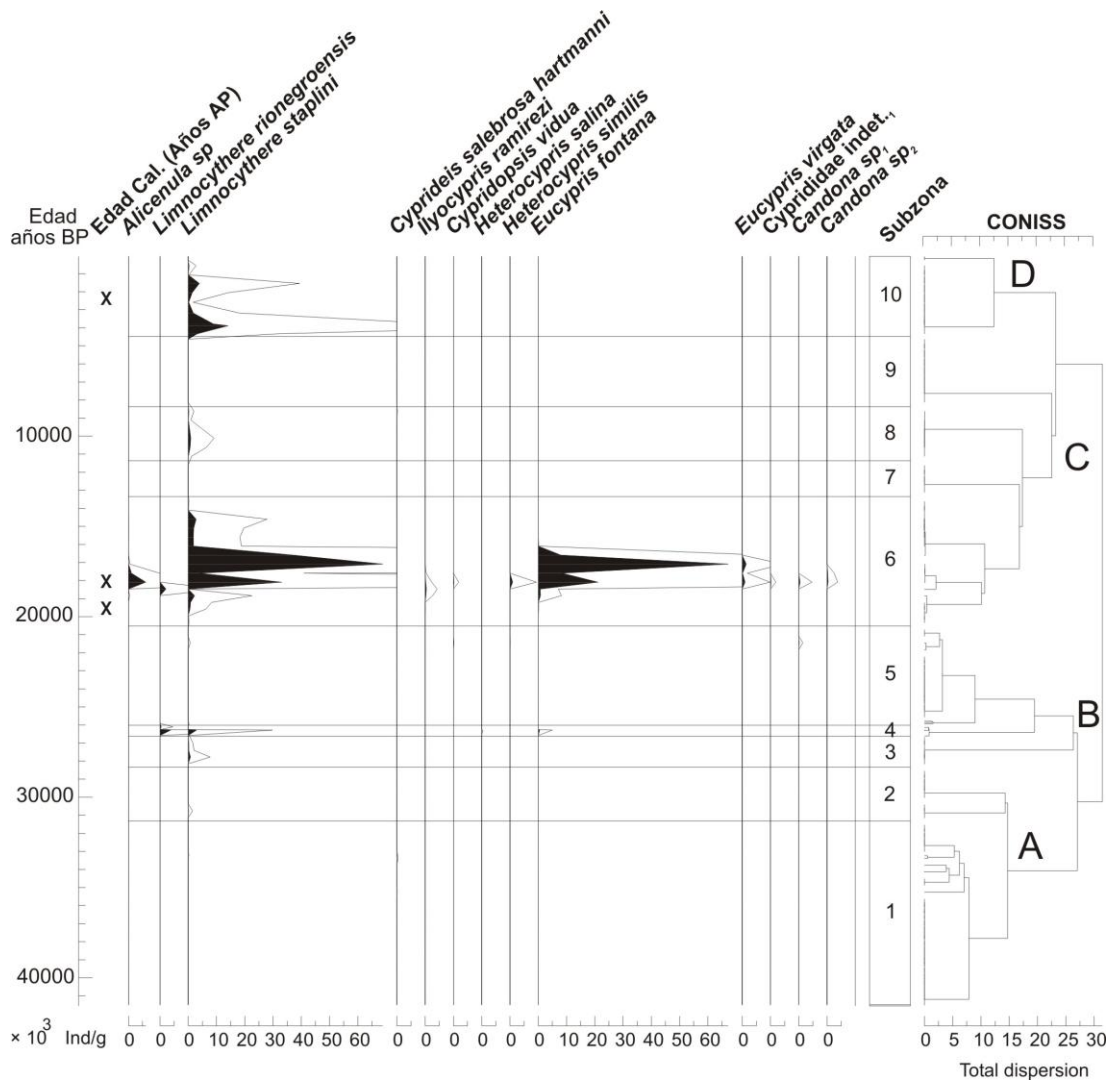


Figura 23. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la edad calibrada y zonación del testigo LL10.

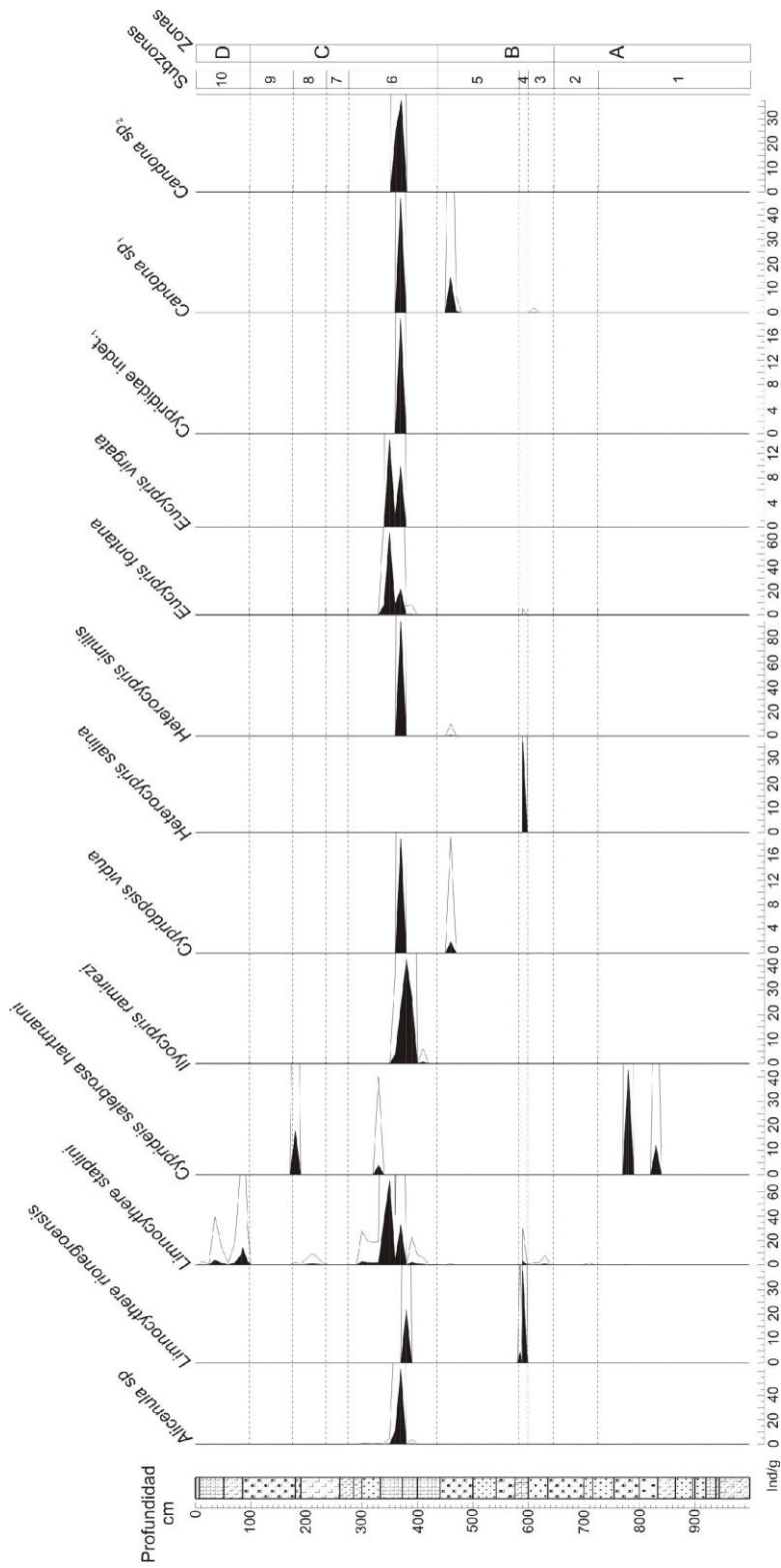


Figura 24. Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la edad calibrada y zonación. Se utilizaron escalas independientes en los taxa para visualizar la presencia de los menos abundantes.



#### **4.4. CONCLUSIÓN**

Las secuencias del testigo LL3 presentan depósitos evaporíticos y clásticos alternados. Los niveles de mayor tamaño de partícula se presentan en los 300 cm inferiores y los 150 cm superiores. Los 600 cm inferiores presentan altos niveles de feldespatos, los cuales estarían asociados a la presencia de cenizas volcánicas. Entre los 400 cm y 500 cm se encuentra el mayor porcentaje de agua en el sedimento, lo que se encuentra en relación al tamaño de grano y a la compactación del sedimento. Estas alternancias de arenas, limos y evaporitas se relacionan con el balance hidrológico de la cuenca. El nivel hidrométrico presenta momentos alternados de pequeña extensión en cm, siendo difícil marcar claramente momentos de mayor aporte de agua. El aumento de sedimentos evaporíticos en los 180 cm superiores indica condiciones de menor aporte o disponibilidad de agua en la cuenca, en la que se habría generado alta evaporación, y la retracción de la laguna entre los 160 cm y 130 cm y entre los 100 cm y los 70 cm, con niveles estériles del testigo.

En cuanto a la abundancia de los ostrácodos en el testigo LL3, las zonas más abundantes son las zonas B y C que además son las de mayor riqueza específica, presentando especies afines al agua dulce y a ambientes más salinos, sin presentar niveles estériles.

La asociación de ostrácodos en el testigo LL3 presenta grandes cambios en relación con la laguna actual. Sólo tres especies se encuentran actualmente en la misma: *Limnocythere staplini*, *Alicenula sp* y *Cypridopsis vidua*. *Limnocythere staplini* es la especie dominante mientras que *Alicenula sp* y *C. vidua* son ocasionales (ver Capítulo 3). Las especies más abundantes en el testigo (sin incluir a *L. staplini*) son *L. rionegroensis*, *Eucypris fontana* y *E. virgata* que se encuentran en ambientes recientes (Cusminsky *et al.* 2005, Cusminsky *et al.* 2011 y Ramón Mercau *et al.* 2012), y en ambientes cuaternarios de la Patagonia (Cusminsky & Whatley 1996 y Whatley & Cusminsky 1995) pero no fueron registradas actualmente en ambientes de la Cuenca Llanquihue. *Limnocythere rionegroensis*, *E. fontana* y *E. virgata* son especies abundantes en testigos obtenidos en la estepa patagónica, relacionándose a un ambiente somero, susceptible a la desecación y con elevada salinidad (Whatley & Cusminsky 1995).

Las secuencias del testigo LL10 presentan depósitos evaporíticos y clásticos alternados. Los niveles de mayor cantidad de minerales alogénicos se dieron desde la base hasta los 300 cm, mientras que entre los 300 cm a la superficie se da un incremento muy

marcado de yeso, con picos del mismo a los 700 cm, entre los 600 -650 cm, los 500 cm, indicando presencia de ambiente lacustre de alta salinidad. Por su parte el alto porcentaje de minerales alogénicos tendría relación con un ingreso fluvial al sistema.

La única zona que presenta abundancia y riqueza de ostrácodos es la subzona 6. Sólo seis de las especies presentes en el testigo se encuentran actualmente en la Cuenca Llanquanelo, estando presentes en la laguna actual *L. staplini* (especie dominante), *Alicenula* sp, *C. vidua*, *Ilyocypris ramirezi* (como especies ocasionales). Los ejemplares de Cyprididae indet<sub>1</sub> se registran en los brazos del Delta del Río Malargüe actual.

Es importante resaltar que los niveles de ceniza encontrados no han sido correlacionados a erupción alguna, ya que la región se encuentra cercana a numerosos volcanes y no se han realizados estudios de esta índole en la misma. En el testigo LL3 donde los niveles de ceniza están bien marcados se evidencia una influencia en el desarrollo de las asociaciones de ostrácodos. En los dos niveles de cenizas inferiores que se producen entre los 820 cm y los 740 cm se observa un cambio muy marcado ya que donde se registraba una destacada abundancia de *Limnocythere staplini* se produce su reemplazo abrupto por *L rionegroensis*. Luego del nivel de ceniza presente a los 640 cm se encuentra *Alicennula* sp. y el nivel de ceniza presente a los 690 cm conlleva a una disminución y desaparición de *L. staplini*. Aunque no pueda determinarse claramente como influye la ceniza volcánica en sí, si se puede inferir que simultáneamente ocurrieron cambios en la salinidad y el oxígeno disuelto en el agua así como también con seguridad en la concentración de diferentes isótopos en el agua que pudieron influir positiva o negativamente en el desarrollo de ciertas especies.

#### **4.4.1. Interpretación y correlación:**

Se intentó realizar una correlación entre los testigos pero se presentaron dos problemas con el testigo LL10. Uno es la escasez de dataciones obtenidas y el segundo la gran cantidad de sedimento fluvial presente (Figuras 21 y 25). Este ambiente lótico que llegaba a la laguna presentó una energía media generando niveles estériles, pero luego disminuyó su energía, siendo baja y similar a lo que sucede actualmente en el delta del Río Malargüe al norte de la laguna.

Para la interpretación de los acontecimientos ocurridos se utilizó la curva de edades del testigo LL3 generada en base a las seis dataciones que se encuentran a lo largo del

testigo. A su vez se utilizó la misma curva del testigo LL10 hasta los 410 cm donde se obtuvo la última muestra calibrada con seguridad y se hipotetizó los niveles más basales tratando de correlacionar los eventos ocurridos en ambas costas de la laguna. En la Figura 26, 27 y 28 se observan los cambios que habrían ocurrido según la interpretación de la asociación de ostrácodos y los sedimentos presentes en el testigo LL3 y LL10, las imágenes se realizaron en base a imágenes satelitales.

Si consideramos la curva hipotetizada de las edades calibradas obtenida con el programa *psimpoll*, los sedimentos fluviales basales de la subzona 1 corresponderían a ~40ka, los que se habrían encontrado bajo las condiciones de una menor temperatura (entre 6 y 8 °C) y una mayor precipitación media anual (~30-150%) en relación con las condiciones actuales. Estas condiciones fueron propuestas por Zech *et al.* (2011) para el valle de las Leñas a los 42,3ka.

Alrededor de los ~32 ka (857 cm del testigo LL3) hasta alrededor de los ~24 ka, la laguna era somera en su costa Oeste, con altos niveles de salinidad como consecuencia de la elevada evaporación. En la costa Este se produce una alternancia de un ingreso de un cauce fluvial de media energía, con momentos de una laguna somera salina. La laguna presentaba un mayor tamaño aunque poca profundidad, abarcaba la costa Este como Oeste, siendo salina pero con menor evaporación. Seguramente este mayor tamaño se debería al ingreso de agua al sistema por el cauce del sector Este.

La especie dominante es *Limnocythere staplini*, la cual se encuentra actualmente en la laguna salina siendo también dominante. Esta especie está acompañada por *L. rionegroensis* que indica altos niveles de evaporación (Cusminsky *et al.* 2005), y por *E. fontana* y *E. virgata*, especies eurihalinas (Ramón Mercau *et al.* 2012). Estas tres últimas especies no se encuentran presentes en la Cuenca Llanquanelo actual pero si en el Norte de la Patagonia, lo que podría indicar un ambiente similar a los presentes en dicha región.

Alrededor de los ~24 ka en la costa Oeste se produciría un ingreso de agua dulce al sistema, por lo cual disminuyó la salinidad, evidenciado por la presencia de especies afines de agua dulce (*Alicenula sp* y *Candona sp*<sub>2</sub>). Posteriormente, la laguna vuelve a las condiciones de mayor salinidad, somera en la costa Oeste, mientras en la costa Este se da una alternancia de sedimentos fluviales de energía media, y especies afines al agua dulce (*Candona sp*<sub>1</sub> y *H. similis*).

Posteriormente a los ~20 ka hasta los ~19 ka, la laguna vuelve a ser somera, salina pero manteniendo su gran tamaño ya que en la costa Este también presenta estas condiciones, dado por la presencia de *Limnocythere staplini*, *L. rionegroensis*, *E. fontana* y *E. virgata*.

Alrededor de los ~19 ka se produce nuevamente un ingreso de agua dulce en la costa Oeste evidenciado por una especie afín al agua dulce (*Alicenula sp.*). Mientras en la costa Este se produce un ingreso de un cauce de baja energía indicado por la presencia principalmente de *Ilyocypris ramirezii* que es una especie afín a ambientes de corriente y Cyprididae indet<sub>1</sub> que se encuentra en la cuenca actual en el delta de baja energía del Río Malargüe justo cuando ingresa a la laguna actual.

Entre los ~18 ka y los ~16 ka ambas costas presentan condiciones de laguna somera salina, de gran tamaño, ya que incluye ambas costas.

Entre los ~16 ka y los ~13 ka en la costa Oeste se evidencia un ingreso de agua dulce, con gran abundancia de *Alicenula sp.* La laguna podría ser más profunda y con menor salinidad, abarcando ambas costas.

Alrededor de los ~13 ka se produce nuevamente un aumento de salinidad caracterizándose por la presencia de *L. staplini* y *C. salebrosa hartmanni*, Cyprididae indet.<sub>2</sub> y *H. salina* produciéndose elevada evaporación. La laguna tiene bajo nivel hidrométrico, con características de poca profundidad, pero gran tamaño ya que abarca ambas costas. A ~11 ka en la costa Este hay presencia de yeso. Esta aridez coincidiría con Schäbitz (2003) quien postula que los últimos ~13 ka el norte de Patagonia fue una región árida a semiárida.

Entre los ~9 ka y los ~7 ka, en las costas Oeste y Este se encuentran sedimentos evaporíticos (yeso) denotando altos niveles de evaporación como consecuencia de un clima más cálido y gran disminución del nivel hidrométrico de la laguna.

Alrededor de los 7 ka, en la costa Oeste se evidencia una laguna somera salina, con la presencia única de *L. staplini* marcando características similares a la laguna actual. La costa Este continua con sedimentos evaporíticos, denotando una disminución en el área de la misma.

Entre los ~6 ka y los ~4 ka, ambas costas presentan altos niveles de evaporación (yeso) como consecuencia de un clima más cálido. Lo cual coincide con lo propuesto por Paez *et al.* (2010) que indican que el Holoceno medio presentaría una aridización regional.

Alrededor de los ~4 ka ambas costas presentan una laguna somera salina, con la presencia de *L. staplini*, marcando características similares a la laguna actual.

Alrededor de los ~2 ka en la costa Oeste se evidencia un ingreso de agua dulce, con gran abundancia de *Alicenula sp* y *Candona sp*<sub>2</sub>.

En los últimos ~1 ka las costas Oeste y Este se caracterizan por la presencia de *L. staplini* en gran abundancia, siendo una laguna poco profunda, con altos niveles de salinidad. Los últimos ~300 años (últimos 10 cm del testigo LL10) en la costa Este los sedimentos son estériles evaporíticos, lo que indica que la laguna ha disminuido su área.

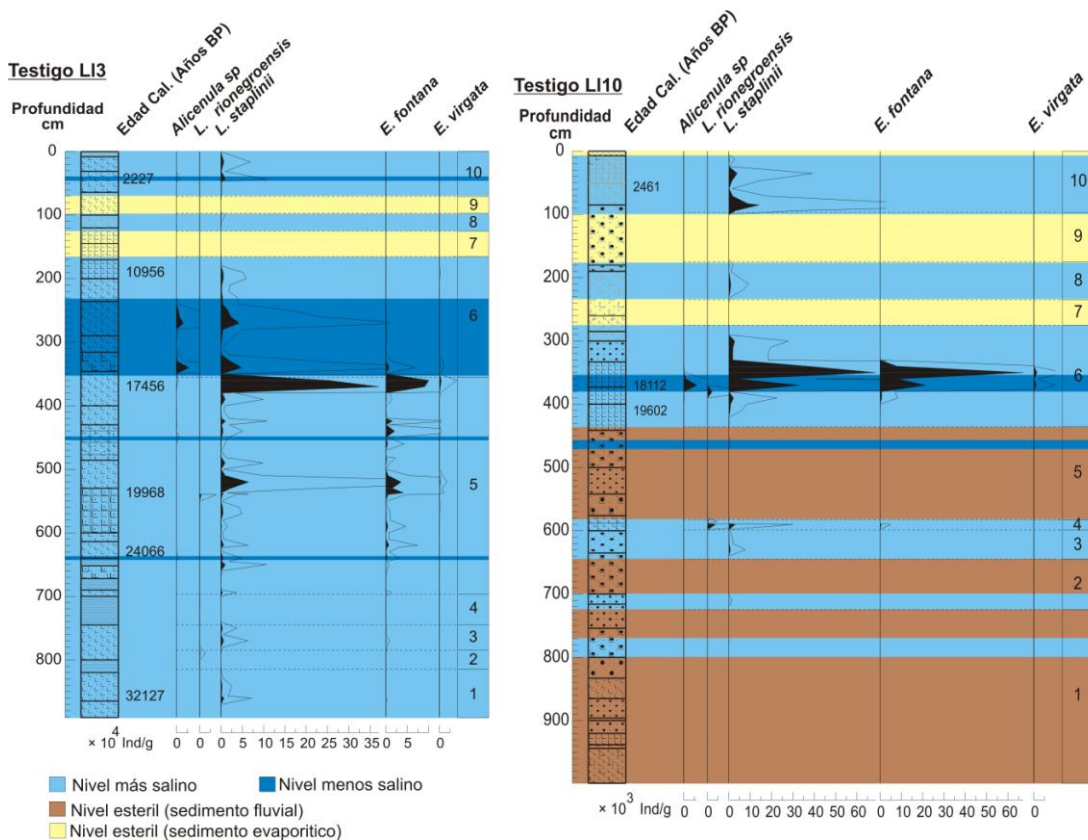


Figura 25. Diagrama de abundancia de ostrácodos en relación con la profundidad, se representaron sólo las taxa más abundantes.

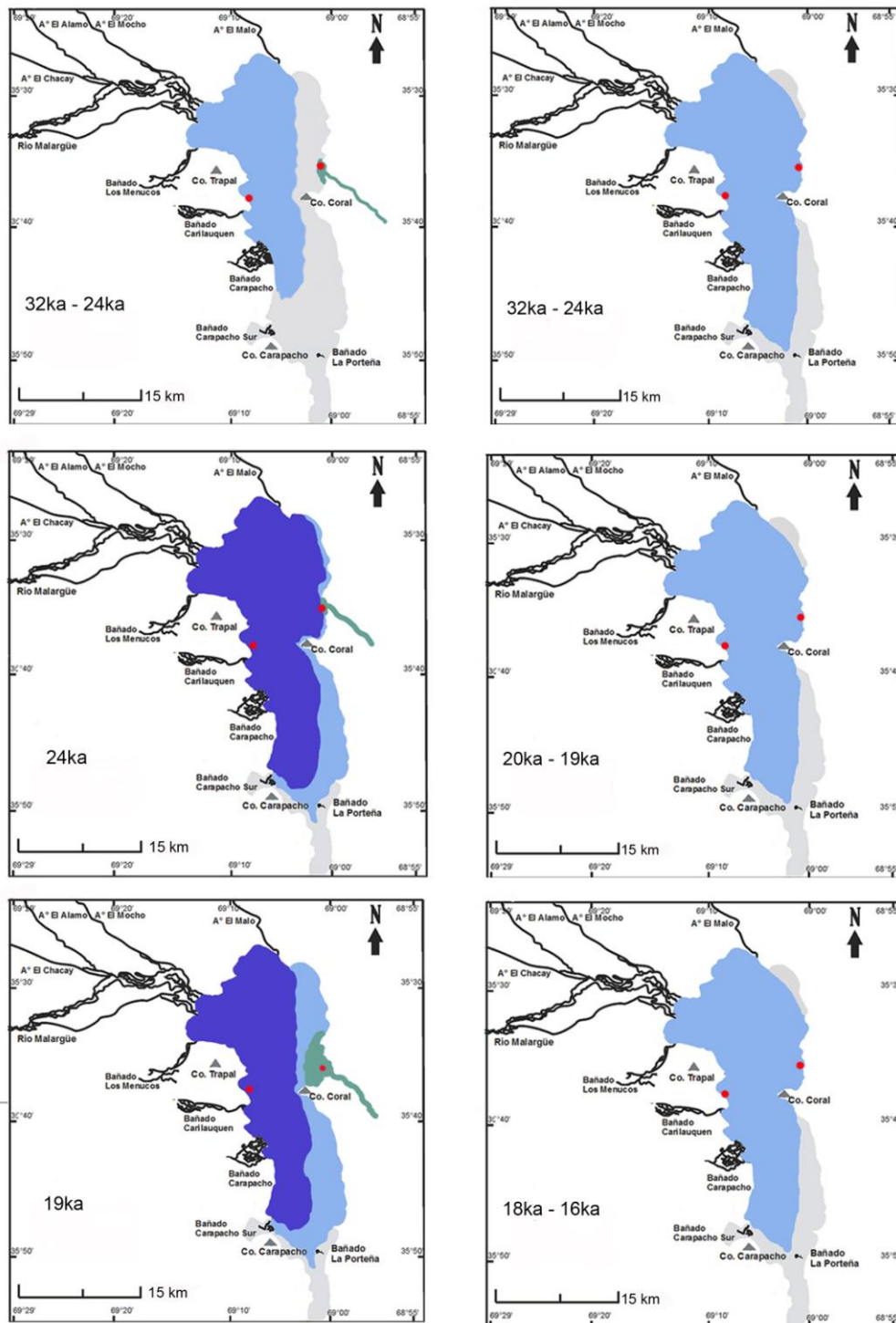


Figura 26. Cambios producidos en la laguna Llacanelo desde los ~32 ka a los ~16 ka. (Azul laguna menos salina, celeste: laguna salina, gris: salitral, negro: afluentes actuales).

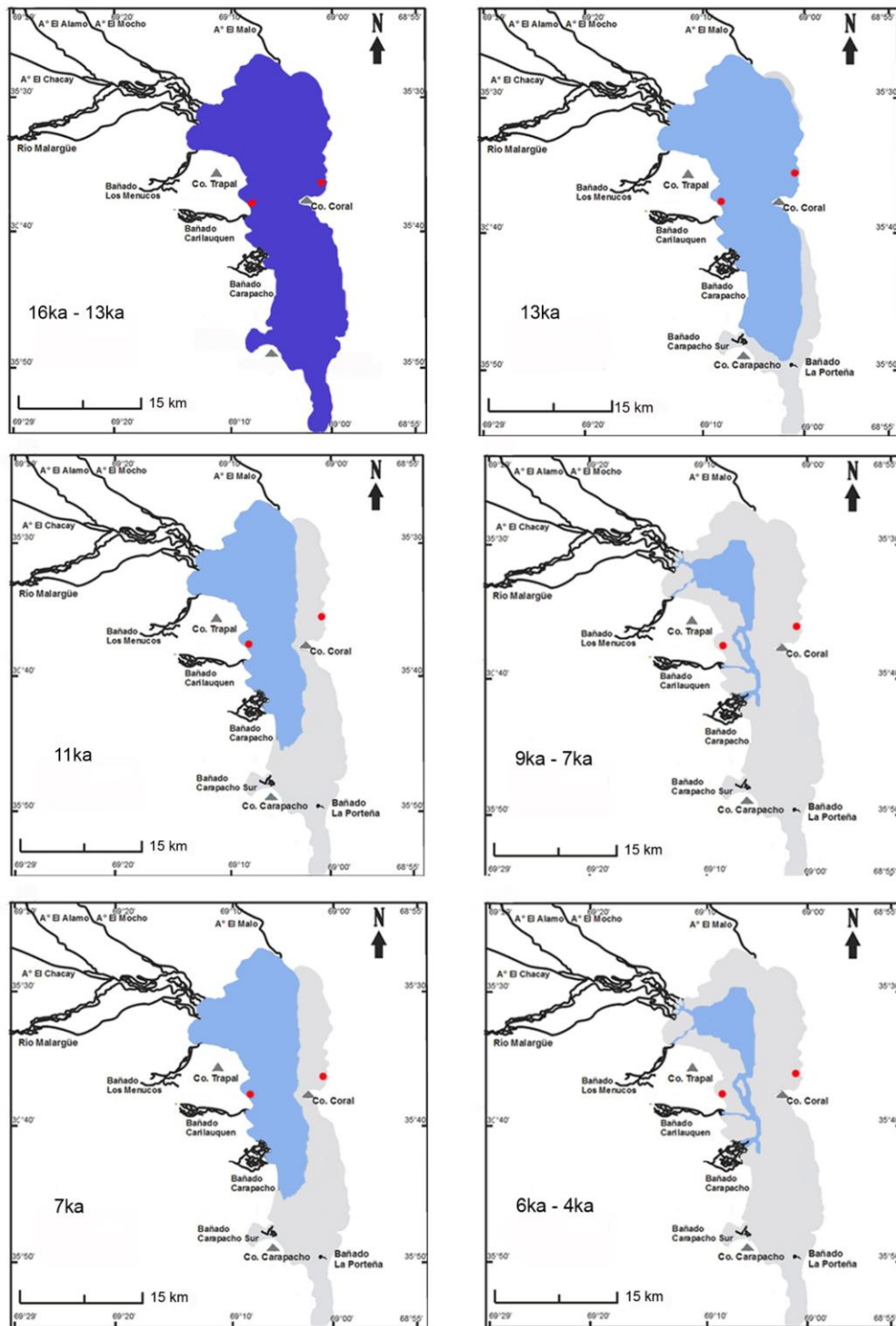


Figura 27. Cambios producidos en la laguna Llanquanelo desde los ~16 ka a ~4 ka. (Azul laguna menos salina, celeste: laguna salina, gris: salitral, negro: afluentes actuales).

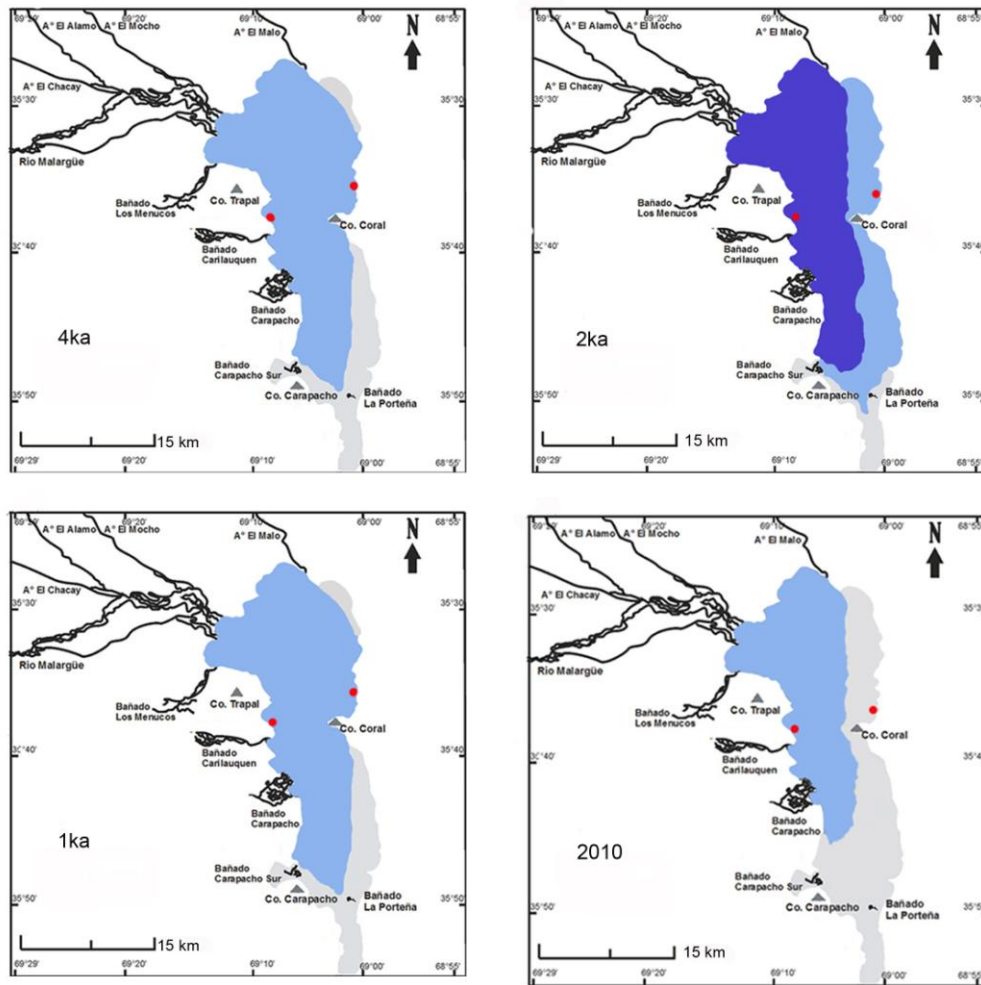


Figura 28. Cambios producidos en la laguna Llanquanelo desde los ~4 ka al 2010. (Azul laguna menos salina, celeste: laguna salina, gris: salitral, negro: afluentes actuales).



## Capítulo 5: Elementos Traza.



### **5.1. INTRODUCCIÓN**

La utilización de ostrácodos en reconstrucciones paleoambientales ofrece varias ventajas y una de ellas es el estudio geoquímico de sus valvas. Algunas de las características que favorecen los estudios geoquímicos son el crecimiento por mudas y la formación de las valvas en el lapso de pocos días, en equilibrio con el agua donde viven. Al iniciar el proceso de muda las células epidérmicas secretan la nueva cutícula quitinosa por debajo de la valva anterior antes de que ocurra la expulsión de la misma (Dwyer *et al.* 2002). Los estudios de Turpen & Angell (1971) sobre *Heterocypris* sp demuestran que durante el proceso de muda, no existe reabsorción del Ca de la valva vieja, ni acumulación de Ca para la nueva valva en su organismo, la calcificación del adulto después de A-1, se completa en 7 horas, desde los márgenes dorsal y ventral de la valva hacia el centro de la misma. En algunos ostrácodos la valva posee entre 80 - 90% de calcita y entre 2-15% de quitina y proteínas (Dwyer *et al.* 2002). Las nuevas valvas, por lo tanto, se forman rápidamente precipitando en equilibrio con la composición química del agua en la que viven, los elementos traza co-precipitan con la calcita. El crecimiento por mudas se diferencia de lo que ocurre con otros organismos, por ejemplo, los moluscos y foraminíferos que crecen agregando capas o cámaras. Por estas características y que diferentes especies están adaptadas a condiciones ecológicas particulares, el estudio de las asociaciones de ostrácodos y el análisis geoquímico de sus valvas permiten inferir la composición iónica, el pH, la salinidad, la turbidez, la temperatura, el balance hídrico, y el estado trófico del agua en la que habitaban en el momento de la formación de sus valvas.

El estudio de la composición de los elementos traza (Mg, Sr, Ba, entre otros) del caparazón de los ostrácodos actuales y del agua donde los mismos viven son potencialmente útiles para reconstruir paleotemperaturas, en ciertos casos paleosalinidades.

Los primeros estudios experimentales fueron realizados por Chivas *et al.* (1983) quienes realizaron cultivos de *Mytilocypris henricae* (Lago Bathurst Australia) bajo condiciones controladas (pH, salinidad, temperatura y composición del agua) a la vez que analizaron materiales provenientes del ambiente natural. Con este estudio se concluyó que cambios en la salinidad y de la relación del elemento traza/Ca del agua afectan levemente al contenido de Mg de la valva pero en menor medida afectan al Sr y el Ba de la valva, en

cambio la relación Mg/Ca es dependiente de la temperatura y probablemente también el bario.

En 1985 Chivas *et al.* realizaron análisis de *Mytilocypris praenuncia* y *Australocypris robusta* provenientes de un medio natural arreico (Lago Keilambete, Australia, donde el ingreso de agua solamente se produce por precipitación y las pérdidas por evaporación) donde a través del estudio de ostrácodos fósiles provenientes de un testigo concluyeron que el contenido de Sr en la valva de los ostrácodos se encuentra positiva y directamente relacionada con la cantidad del mismo en el agua (dado que este lago está saturado de carbonato de calcio). Estos datos los utilizaron para calcular el coeficiente de partición ( $K_D$ ) para ambas especies, que resultaron ser similares y pudieron calcular la salinidad cuerpo de agua en los últimos 10ka, y pudiendo realizar inferencias climáticas debido a que la única fuente de agua del lago son las precipitaciones. También concluyeron que el  $K_D$ [Sr] podría depender de la especie que se analice.

Los estudios del coeficiente de partición continuaron y para 1986 Chivas *et al.* (1986b) realizaron cultivos a 25°C (*Cyprideis* sp.) y también en el lago Keilambete, obteniendo el coeficiente de partición de Mg del *Cyprideis* sp., el cual depende de la temperatura y la relación Mg/Ca del agua, a su vez calcularon el  $K_D$ [Sr] en 7 especies de ostrácodos no marinos concluyendo que éste es independiente de la temperatura pero dependiente de la relación Sr/Ca del agua, y que estos elementos Mg y Sr se pueden estudiar en ostrácodos fósiles como indicadores de paleosalinidad y paleotemperatura.

Los estudios de magnesio en distintas especies de ostrácodos pertenecientes a dos géneros (*Mytilocypris* y *Australocypris*) demostraron que la cantidad de magnesio en la valva depende de las relación Mg/Ca del agua, del estadio ontogenético estudiado, de la temperatura y la salinidad (Chivas *et al.* 1986a).

De Deckker *et al.* 1988 realizaron estudios en una zona de regresión/transgresión marina en Australia (Golfo de Carpentaria), donde utilizando los resultados de Chivas *et al.* (1983, 1986a), y asumiendo el valor constante de  $K_D$ [Sr] y  $K_D$ [Mg] a los 25 °C para *Cyprideis* sp. calcularon el coeficiente de distribución molar ( $D_{[Me]}$ ) para el mismo género cuando vive en agua de mar.

$$D_{[Me]} = \frac{(Me/Ca)_{valva}}{(Me/Ca)_{agua\ de\ mar}} = K_D[Me] \times (Me/Ca)_{agua\ de\ mar}$$

Donde Me es Mg o Sr.

Al obtener el  $D_{[Me]}$  el Sr y Mg, estos autores pudieron deducir cuándo el lago estaba en contacto con el mar y cuando estaba aislado del mismo. Analizando las valvas de *Cyprideis* sp obtenidos de testigos del Golfo de Carpentaria, infirieron la relación (Sr/Ca) y (Mg/Ca) del agua concluyendo que el ambiente fue de agua dulce entre los ~40ka y los ~13ka antes de la elevación del nivel del mar.

De Deckker *et al.* 1999 realizaron cultivos de *Cyprideis australiensis* (especie eurihalina), a 20 y 25°C y a diferentes salinidades. Sus resultados indican que existe una termodependencia del Mg y en menor grado del Sr, que existe una fuerte relación entre la cantidad de Mg/Ca de la valva y del Mg/Ca agua, y del Sr/Ca de la valva con respecto al Sr/Ca del agua donde el ostrácodo mudó. Por último, estos autores no encontraron relación entre la salinidad y la relación molar Mg/Ca o Sr/Ca de la valva.

En síntesis, cultivos controlados de ostrácodos se han realizado principalmente con especies de ambientes lacustres, y adaptadas a ambientes de salinidad variable, los que demostraron que algunos elementos traza de las valvas pueden proveer información de paleotemperaturas y paleosalinidades, que pueden a su vez interpretarse como cambios en la precipitación y temperatura ambiental, y por lo tanto son una herramienta para la reconstrucción paleoambiental y paleoclimática (Holmes & Chivas 2002).

Los estudios de elementos traza en valvas de ostrácodos obtenidos de ambientes naturales se realizaron en cuerpos de agua poco complejos, que sólo reciben agua de las precipitaciones y la pierden por evaporación, por lo que es más sencillo realizar interpretaciones. Cuando los factores son múltiples, por ejemplo porque las fuentes de origen de agua que alimentan el lago son varias se hace muy compleja la interpretación. En la Figura 1 se observan las posibles respuestas de los cambios en Mg/Ca y Sr/Ca a cambios en un cuerpo lacustre sencillo.

	Temperature increase	Temperature unchanged	Temperature decrease
Salinity increase	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 
Salinity unchanged	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 
Salinity decrease	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 	$\delta^{18}\text{O}$ $\text{Sr/Ca}$ $\text{Mg/Ca}$ 

Figura 1. Posibles respuestas de la relación Mg/Ca, Sr/Ca y  $\delta^{18}\text{O}$  a cambios en salinidad, evaporación/precipitación y temperatura. Tomada de Curtis & Hodell (1993) modificado de Chivas *et al.* (1986 b)

Wansard *et al.* (1998) utilizó la relación Mg/Ca de la valva de *C. torosa* obtenidos del Lago Banyoles (España) en verano, lo correlacionó con la temperatura y así pudo inferir con los análisis de valvas de la misma especie obtenidas de un testigo, la temperatura del agua en los diferentes niveles donde vivieron (Figura 2).

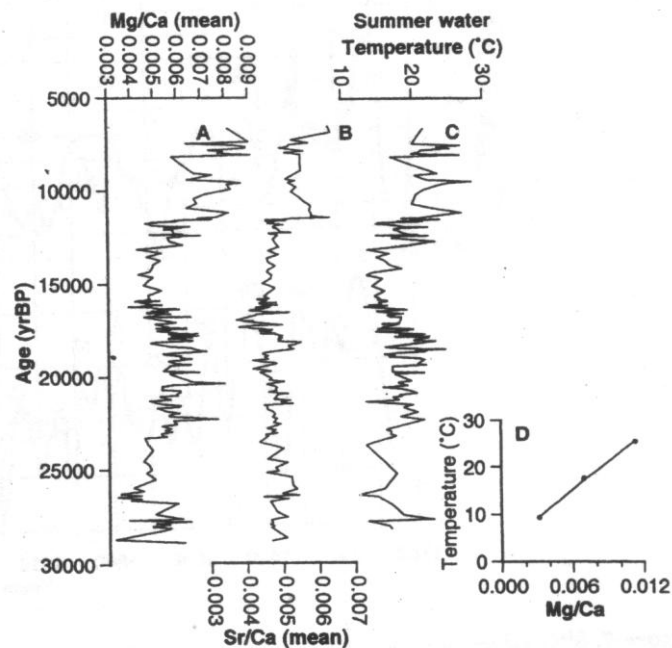


Figura 2. Variación a lo largo de un testigo sobre valvas de *Cyprideis torosa*, (A) del Mg/Ca, (B) del Sr/Ca y (C) temperatura inferida para verano a través de la calibración de Mg/Ca vs Temperatura (D). Tomado de Holmes & Chivas (2002) utilizando datos de Wansard 1996, Wansard & Roca 1997 y Wansard *et al.* 1998.

Palacios – Fest & Dettman (2001) realizaron estudios sobre *Cypridopsis vidua* provenientes de una represa en el norte de México, estudiaron la relación Mg/Ca determinando que la biología del ostrácodo como la temperatura son los factores que determinan la composición de los elementos traza en la valva y la concentración de estos en el agua tiene una importancia menor.

Palacios-Fest (1996) realizó experimentos de cultivos en *Limnocythere staplini* y determinó que la temperatura es el factor dominante que controla la relación Mg/Ca en la valva.

Mourguiart & Carbonel (1994) y Mourguiart *et al.* (1998) realizaron estudios de Mg/Ca en el Lago Titicaca, Bolivia para utilizarlo como indicador de la distribución de ostrácodos actuales y realizar una función de transferencia para inferir paleoambientes de testigos extraídos de la zona.

En cuanto al barío el primer y único experimento en ostrácodos fue realizado Chivas *et al.* (1983) pero los resultados fueron ambiguos ya que dada la tecnología disponible entonces, los valores que obtuvieron estaban muy cerca del límite de detección

(5 ppm). De todas formas, estos autores observaron un leve cambio en la relación Ba/Ca en la valva de los ostrácodos al producirse un cambio en la misma relación en el agua.

Los estudios de Ba están basados principalmente en foraminíferos. Lea & Boyle (1989) encontraron que existe una relación entre la concentración de Ba en la conchilla de foraminíferos bentónicos (*Uvigerina* sp., *Cibicidoides wuellerstorfi* y *C. kullenbergi*) y la cantidad de Ba en el agua profunda ("bottom water"). Por esta razón, estos autores consideran que el bario es un potencial indicador paleoceanográfico ya que su distribución está controlada por la termohalina. Havach *et al.* (2001) realizaron los primeros experimentos de la relación Ba/Ca en foraminíferos, determinando que el  $K_D[\text{Ba}]$  variaba a nivel específico en los foraminíferos bentónicos analizados (*Bulimina marginata*, *Cibicidoides pachyderma*, *Uvigerina peregrina*, *Bulimina marginata* y *Ammonia beccarii*). A la vez estudios en foraminíferos planctónicos (Lea & Spero 1992, 1994) determinaron que la relación Ba/Ca de la valva está controlada principalmente por la relación Ba/Ca del agua del mar y son independientes de otros parámetros o factores como la temperatura, salinidad y el pH. Hönisch *et al.* (2012), realizaron estudios sobre foraminíferos planctónicos, concluyendo que al crecer en la misma agua las especies presentan la misma relación Ba/Ca, por lo que calcularon el coeficiente de partición del Ba y pudieron estimar las concentraciones de bario en regiones cercanas a estuarios donde los ríos desembocan al océano.

Hall (2002) utilizó la relación Ba/Ca en foraminíferos como indicador de descarga de agua de deshielo en el océano (Atlántico Norte) y Weldeab *et al.* (2007) utilizaron la relación Ba/Ca para reconstruir cambios hidrológicos conectados con el Monzón en África Occidental, cuya actividad es responsable de grandes descargas fluviales. A su vez, Sprovieri *et al.* (2008) aplican la relación Ba/Ca de los foraminíferos planctónicos como indicadora de descarga de ríos en la cuenca Mediterránea asociándolo a un control hidrográfico de las masas de agua superficiales.

Coffey *et al.* (1997) realizaron estudios de la relación de Ba en estuarios determinando que la concentración de Ba es mayor en el agua dulce que en el océano, por lo que el bario ingresa a los estuarios a través de afluentes fluviales y es liberado en agua con salinidades bajas. Con base en esto, los autores concluyen que se puede diferenciar entre agua dulce, de mezcla y agua oceánica a través del contenido de bario, y así poder

reconocer momentos de ingreso de agua dulce a un sistema salino indicado por altos valores de bario.

La mayoría de los estudios con *Limnocythere staplini* se realizaron en Estados Unidos. Smith (1993) muestra el “espacio” que ocupa esta especie respecto a solutos presentes en el agua (Figura 3). A su vez puede observarse la presencia de dicha especie en el diagrama composicional aniónico (Figura 4) donde se explicita la afinidad de dicha especie a ambientes con altas concentraciones de  $SO_4$ , como es el caso de la laguna Llanquanelo que presenta elevada cantidad de yeso ( $CaSO_4 \cdot H_2O$ ).

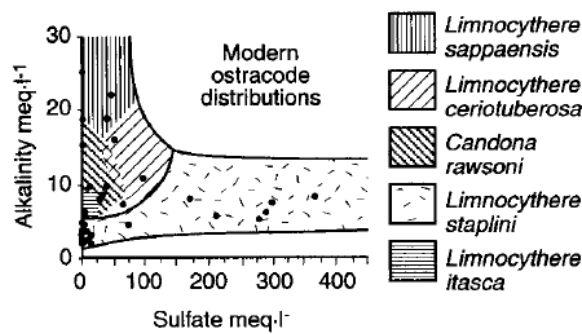


Figure 3. Asociación de ostrácodos presentes en 38 lagos del Centro Oeste de EEUU, según la concentración de los aniones principales (sulfatos vs. alcalinidad). Se observa la relación de la presencia de los ostrácodos más comunes y la composición química del agua del lago. (Tomado de Smith 1993).

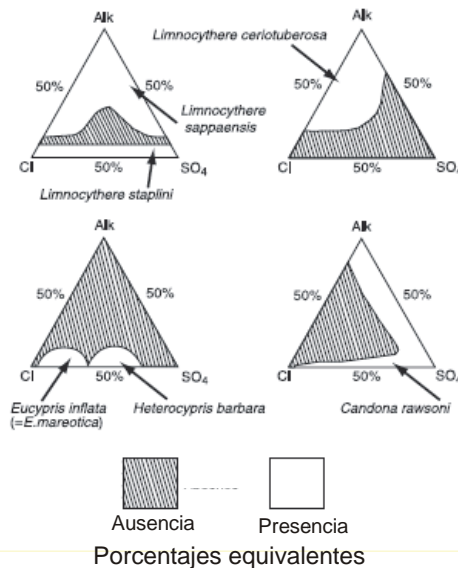


Figura 4. Presencia de especies en los diagramas de composición aniónica para especies comunes encontradas en Norteamérica y Europa. *Limnocythere ceriotuberosa*, *L. sappaensis*, *L. staplini*, y *Candona rawsoni* se distribuyen en Norteamérica. *Eucypris inflata* (*E. mareotica*) y *Heterocypris barbara* son especies ibéricas. De Palacios-Fest *et al.* (1994), luego de Baltanás *et al.* (1990), y Forester (1986). Tomado de Cohen (2003).



**5.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En la cuenca de la laguna Llanquanelo se definieron 18 sitios de muestreo (Figura 5), en los cuales se extrajeron muestras de agua con frecuencia estacional durante un año. En forma simultánea se determinaron parámetros físicos y químicos del agua. Estos muestreos se realizaron entre la primavera de 2009 y el invierno de 2010.

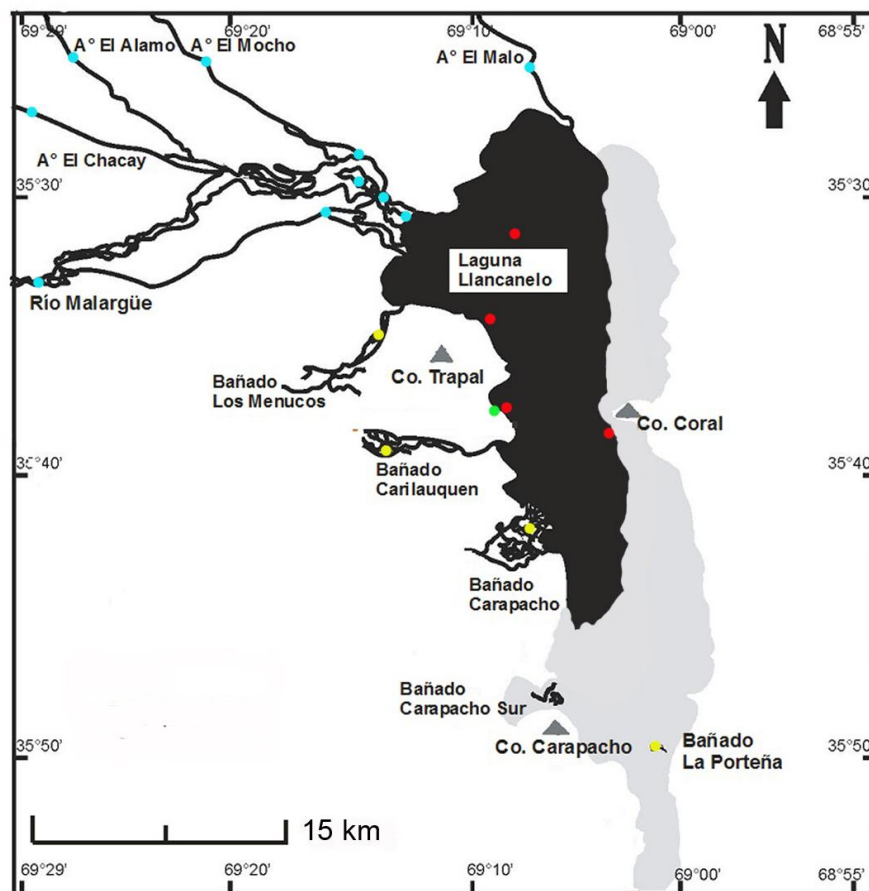


Figura 5. Ubicación de los 18 sitios de muestreos actuales y el sitio de extracción del testigo LL3. Círculos: verde= testigo, rojos= laguna, amarillos= bañados y celestes= río Malargüe y arroyos.

### **5.2.1. Material analizado, selección y limpieza: ambientes actuales y material de testigo.**

#### **5.2.1.1. Análisis del agua**

Las muestras de agua obtenida de los 18 sitios seleccionados tanto lénticos como lóticos, de la Cuenca Llancañelo analizadas fueron colectadas estacionalmente durante un ciclo anual por lo que se contó con un total de 72 muestras (Figura 5) En cada sitio se recolectaron 500 ml de agua en botellas plásticas, enjuagadas tres veces con el agua del sitio a fin de que no haya contaminación. Una vez enjuagadas las botellas, la muestra de agua se colectó de la parte más superficial, sin dejar aire y evitando el burbujeo. Una vez cerradas herméticamente, se colocó cinta aislante alrededor de la tapa de plástico para evitar evaporación, las botellas fueron guardadas en oscuridad y en frío (4 °C) para evitar cambios en la composición química previo a su análisis en el espectrómetro de masa. También se extrajeron 5 litros de agua de la laguna que fueron empleados en la calibración del espectrómetro.

Las botellas de agua se abrieron unos días antes de empezar el análisis para ser filtradas en el laboratorio con un papel de filtro de 2,5  $\mu\text{m}$  de retención (Filtech 1803). Primeramente se lavaron los nuevos frascos con 10 % de  $\text{HNO}_3$ . La metodología empleada fue llenar los frascos a la mitad con el ácido y agitarlos 10 veces, luego se llenaron completamente y se dejaron dentro de la campana por 48 horas. Posteriormente se vaciaron y se dejaron secar por 3 días en el flujo laminar, para evitar todo riesgo de contaminación. Una vez que los frascos estaban completamente secos, se sacaron del frío las botellas con el agua de Llancañelo, y para cada muestra se siguieron los siguientes pasos: 1) se enjuagó el filtro de papel con el agua de la muestra que iba a filtrarse, 2) una proporción pequeña del agua filtrada se utilizó para enjuagar el frasco lavado con ácido (repitiéndose este proceso 3 veces) y recién en ese momento 3) se colectó el agua filtrada para ser analizada. Para evitar contaminación entre muestras se utilizó un filtro por cada muestra. Una vez finalizado el filtrado se guardaron nuevamente las muestras de agua en frío y oscuridad hasta su posterior análisis con el espectrómetro de masa (ICP-MS).

### **5.2.1.2. Análisis de los ostrácodos actuales y fósiles:**

Para la selección de las especies de ostrácodos a analizar se tuvo en cuenta, la presencia actual en la laguna o en la cuenca y a lo largo del testigo.

La especie a analizar fue *Limnocythere staplini*, una especie eurihalina, que es actualmente la especie dominante en la laguna Llancañelo (además de estar presente en toda la Cuenca), y es a la vez, el taxón que tiene una representación más continua a lo largo del testigo LL3. Se seleccionó además otra especie, *Alicenula* sp., que muestra una plasticidad menor que *L. staplini*, ya que es más afín al agua dulce, (tolerando un bajo nivel de salinidad). Esta especie está presente sólo en ciertos niveles del testigo LL3.

Se seleccionaron cinco valvas de *L. staplini* de cada nivel del testigo y de cada lugar y estación del año del muestreo actual. En cambio sólo se seleccionaron tres valvas de *Alicenula* sp. de los niveles donde se encontraba presente en el testigo LL3. Se considera que tres valvas por nivel son estadísticamente representativas de la población (Chivas *et al.* 1985).

Cada valva fue fotografiada y medida con microscopio estereoscópico Leica MZ16A (Figura 6) y se estimó el índice de conservación (Capítulo 4), a fin de tener un registro de la preservación de las valvas después que fueran destruidas en el análisis geoquímico.



**Figura 6. Microscopio estereoscópico de la Universidad de Wollongong. En la pantalla de la computadora se observa un ejemplar de *Limnocythere staplini* fotografiado y medido.**

### **5.2.1.3. Método de limpieza de las valvas**

Diferentes métodos de limpieza fueron testeados a fin de encontrar el más adecuado, tanto físico como químico. Como las valvas de *Limnocythere staplini* son muy delgadas y delicadas fue muy difícil realizar la limpieza sin romperlas.

Ito (2001) demostró que el agua destilada, que posee un pH por debajo del rango de estabilidad del carbonato puede producir alteraciones o pérdida de carbonato en la valva, por lo que se decidió usar sólo agua suprapur®. A su vez, siguiendo a Keatings *et al.* (2006) quienes realizaron distintos pre-tratamientos químicos de las valvas para detectar si afectan los resultados geoquímicos, y aunque varios métodos produjeron buenos resultados se decidió no usar ningún tratamiento químico principalmente debido a la fragilidad de las valvas de *L. staplini* y a que estas valvas mostraban un grado de limpieza excepcional después del tamizado de la muestra. Se procedió a realizar una limpieza mecánica con pincel 00 y agua suprapur® (agua superpura), y luego se humedeció la valva con una sola pincelada de metanol suprapur® (metanol superpuro). No se dejó en remojo en el agua, sólo se humedecía el pincel para realizar la limpieza. Se seleccionó este método para evitar alteraciones en la valva. Luego la valva del ostrácodo fue tomada con el pincel y puesta en un *vial* (pequeño contenedor de plástico) de 1,5 ml (el cual se limpió con 10 % de HNO<sub>3</sub>), con su etiqueta correspondiente indicando la procedencia. El *vial* con la valva de ostrácodo se dejó dentro de la campana de flujo laminar (*HEPA—filtered laminar flow hood*) abierto para que la valva se seque sin contaminar. En algunos casos de ser visibles partículas adheridas se limpió nuevamente siguiendo el mismo protocolo.

Luego de que se limpiaron y secaron, cada una de las valvas fue pesada con una microbalanza ATI CAHN C-35 (Figura 7), la cual fue calibrada cada 10 muestras pesadas.

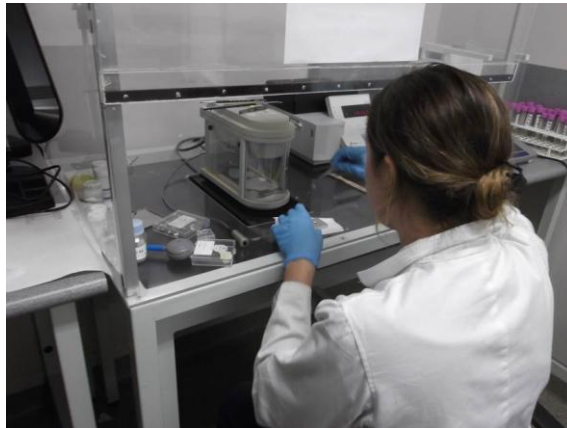


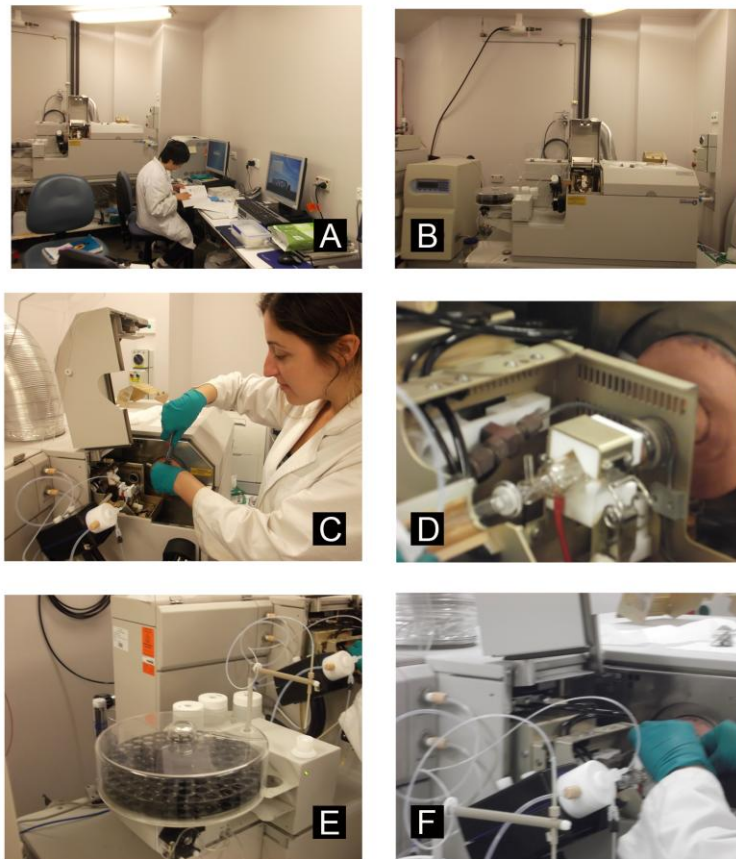
Figura 7. Microbalanza donde se obtuvo el peso de cada valva.

### **5.2.2. Espectrómetro de Masa**

Para analizar los elementos traza se utilizó el ICP-MS (*Agilent 7.500 ce Series ICP-MS, Octopole Reaction System, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer*) de la Universidad de Wollongong. El cual consta de los siguientes componentes:

Instrumento y descripción

- 1- Inyector automático integrado (*I-AS Autosampler*): Agilent, capacidad máxima 89 muestras.
- 2- Reaction cell: Octopole opera en modo He o en no-gas.
- 3- Analizador de masa: Quadropole
- 4- Detector de electrón: Multiplier, modo dual (pulso y análogo)
- 1- Lentes: *Extraction Einzel lenses + Omega lenses* (5 mm off-axis)
- 2- Nebulizer: Microflow PFA-100, 100  $\mu\text{L}/\text{min}$
- 3- Cámara de pulverización (*Spray chamber*): Agilent, cilíndrico de cuarzo.
- 4- Antorcha (*Torch*): Agilent, Shield Torch (quartz)
- 5- Cono de muestreo (*Sampler cone*): Agilent , platino, apertura 1,0 mm
- 6- Cono skimmer (*Skimmer cone*): Agilent, Niguel, aperture 0,4 mm
- 7- *Sampling proof, Sample transfer line* (línea de transferencia de muestra)



**Figura 8. Espectrómetro de Masa. A y B: Imagen general. C: Colocación del cono de la muestra. D: Detalle del cono de la muestra y la antorcha. E: Inyector automático integrado. F: línea de transferencia de muestra.**

Al empezar el estudio se limpiaron todos los elementos que se pueden extraer de la máquina. Igualmente para evitar cualquier tipo de contaminación con otros estudios se utilizó un set de instrumentos externos exclusivos para carbonatos que constó de viales, antorcha, tubo conector, *Sampling proof*, *Sample transfer line*, cono de muestreo, cono skimmer y nebulizador. Tanto el *simple transfer line* como el *sampling proof* son descartables, el resto de los elementos se limpiaron cada 200 muestras, o menos cantidad de muestras revisando siempre el blanco y los estándar para confirmar que la máquina siguiera a punto y los conos o la antorcha, el nebulizador y la cámara de pulverización no estuviesen sucios.

### **5.2.2.1. Limpieza del cono de la muestra (*sampler cone*) y cono skimmer (*skimmer cone*):**

Se preparan 950 ml de agua ultrapur® y 50 ml de Citranox® en un recipiente plástico que sólo se utiliza para este fin. Se coloca en un envase pequeño el cono skimmer con esta solución y en otro recipiente se coloca el cono de la muestra. Los recipientes con los conos se ponen en el baño ultrasónico por cinco minutos, se le pasa un papel tissue especial que no deja pelusas (Spilfyter Delicate-Task wipes), sin tocar la parte central. Luego se enjuagan con agua ultrapur® y se ponen nuevamente en el baño ultrasónico con agua ultrapur® por un minuto. Este último paso se repite dos veces más. Luego se ponen ambos conos en la campana de flujo laminar (HEPA). Si mantiene un aspecto oscuro de “óxido” se limpia nuevamente.

### **5.2.2.2. Limpieza de *Torch, Connector tuve, Bonnet y spray chamber*:**

Se prepara una solución de 10% HNO<sub>3</sub> Suprapur® con agua ultrapur®, se sumergen por completo evitando la formación de burbujas dentro de la antorcha. Se deja así por lo menos 24 horas, luego se enjuaga con agua ultrapur® varias veces y se pone en la campana de flujo laminar (HEPA) para que se seque por lo menos 24 horas, ya que es vital que no posea ni una gota de agua al ponerla en la máquina. El *Bonnet* y la *spray chamber* se ponen en recipientes distintos ya que estos instrumentos se utilizan en común para todos los análisis.

### **5.2.2.3. Funcionamiento**

El espectrómetro de masa posee la capacidad de analizar muestras en diferentes modos: modo estándar (Ar), modo frío y modo reacción (modo He gas, modo H<sub>2</sub> gas). Para el análisis se evaluó qué elementos traza se detectaban en las valvas y de las mismas cuáles podían ser de relevancia, esto se hizo a través de un análisis denominado escaneo completo (*fullscan*). Una vez determinados los elementos a estudiar se realizó la selección de los isótopos de los mismos, teniendo en cuenta tanto la abundancia como las interferencias. Por este motivo se realizaron los estudios en dos modos, tanto Ar como modo He para elementos como el <sup>24</sup>Mg posee interferencia con el <sup>48</sup>Ca<sup>+2</sup>.

Se utilizaron todos los parámetros aconsejados en el manual del angilent (Agilent Technologies 2005 y 2008) para los análisis excepto la cantidad de He que entraba en la máquina, la cual se disminuyó basándose en el trabajo de McCurdy *et al.* (2006).

#### 5.2.2.4. Calibración del espectrómetro (*Tunnig*):

Tabla 1. Valores típicos para el modo estándar y modo reacción. *Tuning* Parámetros

Parámetro	Valor Típico Modo No gas (modo estándar)	Valor Típico Modo gas He (modo reacción)
RF Power (W)		1500
Sampling Depth (mm)		8
Carrier Gas (L/min)		0.9
Makeup Gas (L/min)		0.15
PeriPump 1 (rps)		0.1
S/C temp (°C)		2
Extract 1 (V)		4
Extract 2 (V)		-140
Omega Bias-ce (V)		-22
Omega Lens-ce (V)		1.2
Cell Entrance (V)		-26
QP Focus (V)	2	-15
Cell Exit (V)	-30	-30
OctP RF (V)	150	150
OctP Bias (V)	-6	-18
QP Bias (V)	-3	-16
Reaction mode	OFF	ON
He Gas (ml/min)		2.5

#### 5.2.2.5. Selección de Isótopos

**Magnesio:** presenta 3 isótopos, el  $Mg^{24}$ ,  $Mg^{25}$  y  $Mg^{26}$ , con una abundancia 78,99; 10 y 11,01% respectivamente. El  $Mg^{24}$  posee interferencia con el  $^{48}Ca^{+2}$ . Se analizó en modo He y se seleccionó el  $^{25}Mg$ .

**Calcio:** presenta 6 isótopos,  $^{40}Ca$ ,  $^{44}Ca$ ,  $^{42}Ca$ ,  $^{43}Ca$ ,  $^{46}Ca$  y  $^{48}Ca$ , con una abundancia de 96,94; 2,086; 0,647; 0,135; 0,004 y 0,187% respectivamente. Las interferencias que presentan son para el  $^{40}Ca$  el  $^{40}Ar$ ,  $^{44}Ca$  es el  $^{88}Sr^{+2}$ ,  $^{42}Ca$  son los derivados poliatómicos del Ar,  $^{43}Ca$  es el  $^{86}Sr^{+2}$ ,  $^{46}Ca$  es el  $^{23}Na$   $^{23}Na^{+}$  y  $^{48}Ca$  el  $^{48}Ti^{+}$ . Por las grandes interferencias con el Argón se eligió analizar este elemento en modo He y se seleccionó el  $^{48}Ca$ .



Estroncio:  $^{88}\text{Sr}$ ,  $^{84}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ , con una abundancia de 82,58; 0,56; 9,86; 7 % respectivamente. Se seleccionó el  $^{88}\text{Sr}$  ya que no presenta interferencias. Se analizó en modo He.

Bario:  $^{138}\text{Ba}$ ,  $^{130}\text{Ba}$ ,  $^{132}\text{Ba}$ ,  $^{134}\text{Ba}$ ,  $^{135}\text{Ba}$ ,  $^{136}\text{Ba}$ ,  $^{137}\text{Ba}$ , con una abundancia de 71,7; 0,106; 0,101; 2,417; 6,592; 7,854; 11,23% respectivamente. Las interferencias que presentan son para el  $^{138}\text{Ba}$  el  $^{138}\text{La}$  -  $^{138}\text{Ce}$ . Se analizó en modo no gas y He.

#### **5.2.2.6. Análisis de la muestra**

La muestra con el blanco (2% suprapur<sup>®</sup> HNO<sub>3</sub> más los estándar internos) se pone en unos recipientes especiales (viales) de 7 ml. Estos viales se ponen en el Inyector automático integrado, el cual posee 89 posiciones que se van moviendo a medida que se va leyendo la secuencia. Una manguera especial (*sampling Prof.*) es la encargada de aspirar la muestra y llevarla hacia la cámara de pulverización (*spray chamber*).

La muestra entra al nebulizador (*nebulizer*) junto con el gas (*carrier gas*) y pasa hacia la cámara de pulverización, del cual la basura (*waste drain out*) sale hacia afuera y la muestra continúa hacia la antorcha (*torch*). Es muy importante que la bomba de agua externa a la máquina funcione correctamente así en la cámara de pulverización (*spray chamber*) se puede condensar el agua que tenga la muestra y sea drenada hacia afuera a un recipiente que colecta los residuos (*waste recipe*). Esta extracción de agua reduce la cantidad de óxidos poliatómicos formados.

En la parte terminal de la antorcha hacia los conos se formará el plasma, el cual en su centro llega a una temperatura entre 8000 a 10000 °K.

Luego de formarse los iones pasan por una primera bomba atravesando el primer cono (cono de la muestra) y luego pasan por el segundo cono (cono *skimmer*). En este momento pasa hacia las lentes de iones.

### **5.3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.3.1. Disolución**

Cada valva fue analizada individualmente, con la menor dilución posible. Dado el bajo peso de las valvas de *Limnocythere staplini* la solución seleccionada fue de una concentración de Ca 1 ppm. Se decidió poner la valva entera en solución por el bajo peso y porque los elementos traza se distribuyen heterogéneamente en la valva (Holmes & Chivas 2002).

Se realizaron las curvas de calibración con Ca 1 ppm y se utilizaron materiales de referencia (CRM y CMSI) para establecer la precisión de la máquina.

Para disolver la valva se le agregó el blanco inmediatamente antes de analizarla en el ICP-MS para así evitar cualquier alteración o contaminación.

#### **5.3.2. Calibración**

La preparación de las soluciones se realizó estequiométricamente a partir de soluciones estándar de alta purificación de un solo elemento ACR® y de multielementos Agilent-2A. Se preparó una solución de Ca con una concentración de 1000 ppb (1ppm), los estándares internos (Y, Sc, In) con una concentración constante en tabla 2. En los 12 niveles de calibración estándar se mantuvo constante la concentración del Ca, y de los estándares internos, los valores de concentración de los distintos niveles se adjuntan en la tabla 2, para la preparación de las soluciones se utilizó 2% HNO<sub>3</sub> suprapur® y para preparar éste se utilizó agua suprapur®.

**Tabla 2: Concentración de todas las soluciones utilizadas.**

Nivel	Volumen (ml)	Concentracion esperada (ppb)																
		Li	Na	Mg	Al	K	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	U	Pb	Ca	Y	Sc	In
1	100							0.000							1000	5.000	5.000	1.000
2	100							0.005							1000	5.000	5.000	1.000
3	100							0.010							1000	5.000	5.000	1.000
4	100							0.050							1000	5.000	5.000	1.000
5	100							0.100							1000	5.000	5.000	1.000
6	100							0.200							1000	5.000	5.000	1.000
7	100							0.500							1000	5.000	5.000	1.000
8	100							1.000							1000	5.000	5.000	1.000
9	100							2.000							1000	5.000	5.000	1.000
10	100							5.000							1000	5.000	5.000	1.000
11	100							8.000							1000	5.000	5.000	1.000
12	100							16.000							1000	5.000	5.000	1.000
13	100							24.000							1000	5.000	5.000	1.000
Blanco	200															5.000	5.000	1.000

**5.3.3. Secuencia**

Lo primero que se realizó en cada secuencia fue poner el acondicionador del cono con una concentración de 1 ppm de Ca durante el tiempo necesario hasta que se establezca el contador de calcio. Luego se pasó la secuencia de calibración del nivel 1 al 13, luego blanco, los materiales de referencia (CMSI, CRM), blanco (pero en un vial distinto), 10 muestras, blanco, 10 muestras, blanco. La secuencia continuó así y sólo se evita el acondicionador de Ca que se utiliza únicamente al prender la máquina. Los valores obtenidos de 17 análisis de los materiales de referencia (Greaves *et al.* 2008) se adjuntan en la tabla 3.

**Tabla 3. Valores medios de materiales de referencias.**

	Mg/Ca	Sr/Ca
<b>Los datos de este trabajo</b>		
CM 1767	6,03	
ECRM 752-1		0,25
<b>Material certificado de referencia</b>		
CM 1767	6,10	
ECRM 752-1		0,19

#### **5.3.4. *Limnocythere staplini*:**

La información sobre análisis de esta especie es escasa, pero se conoce que la superfamilia Cytheroidea presenta 1,9 % moles de Mg contenido en las valvas calcíicas (Cadot & Kaesler 1977).

Homes & Chivas (2002) obtuvieron los valores del coeficiente de partición para dos especies del mismo género, *Limnocythere mowbrayensis*  $K_D$  (Sr/Ca)  $0,350 \pm 0,05$  y *L. sappausensis*  $K_D$  (Sr/Ca)  $0,348 \pm 0,013$  y el  $K_D$  (Mg/Ca)  $0,008 \pm 0,0015$

Palacios Fest *et al.* 1993 calculó el coeficiente de distribución en cultivos de *L. staplini* a 15, 20 y 25°C y concluyó que la composición del agua, temperatura y un control fisiológico del organismo influyen en la relación Mg/Ca de la valva.

Se realizó un Índice Visual de Preservación (IVP) a las valvas de *L. staplini* que fueron analizadas en el ICP-MS (Capítulo 4).

#### **5.3.5. Cuenca Llancañelo**

Se analizaron las muestras de valvas de *Limnocythere staplini* y de agua colectados estacionalmente en los arroyos, bañados y la laguna. Se utilizaron solamente los análisis de las muestras con más de 9 °C, para asegurarse que el ostrácodo haya mudado en esa agua, basándonos en el trabajo de Chivas *et al.* (1986b) quienes durante 50 días cultivaron ostrácodos a 5°C y éstos no mudaron, pero sobrevivieron.

Cada valva fue fotografiada, medida y pesada, los valores medios de estos datos se adjuntan en la tabla 4.

Los ambientes que conforman la Cuenca Llancañelo son muy diferentes por lo que se analizaron independientemente.

**Tabla 4. Valores medios de las valvas de *L. staplini* que fueron utilizadas en los estudios geoquímicos.**

<i>Limnocythere staplini</i>	Medidas						Peso (µg)			Número total
	Largo (mm)			Alto (mm)			Media	Máximo	Mínimo	
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo				
Bentos										
♀ VI	0.581	0.661	0.482	0.299	0.343	0.259	3.1	9.0	0.8	59
♀ VD	0.579	0.658	0.505	0.299	0.346	0.259	3.2	6.6	0.8	60
♂ VI	0.609	0.681	0.549	0.276	0.310	0.231	2.2	4.6	0.8	50
♂ VD	0.611	0.665	0.559	0.276	0.306	0.253	2.4	7.0	0.5	45

### **5.3.5.1. Laguna Llancalelo**

La laguna Llancalelo recibe agua de diferentes fuentes, siendo las principales el río Malargüe y los arroyos El Chacay y El Mocho. También reciben agua de los bañados, de aguas subterráneas y la escasa precipitación que se produce en la zona. La pérdida en cambio, sólo se produce por evaporación. Por lo cual es un sistema muy complejo para un estudio geoquímico ya que hay que tener en cuenta todas las variantes de ingreso hídrico al sistema.

Se analizaron 46 valvas provenientes de los distintos sitios de muestreo distribuidos en la laguna. Los valores medios obtenidos del ICP-MS junto a los parámetros físico químicos del agua se presentan en la tabla 5, y los valores medios de la valva de *Limnocythere staplini* en la tabla 6. Los datos de cada valva analizada se encuentran en la tabla 7.

**Tabla 5. Valores medios del agua obtenidos en el ICP-MS y parámetros físico-químicos de la laguna.**

	Mg/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	pH	Temperatura (°C)	Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto (%)	Conductividad mS cm <sup>-1</sup>	Salinidad g l <sup>-1</sup>
La playa								
Primavera	830,856	0,081	0,023	8,1	22,5	70	35,0	24,0
Verano	1387,835	0,051	0,041	8,2	21,0	80	58,8	38,9
Otoño	656.775	5.491	0.013	7,9	13,0	30	16,1	9,3
Cerro Coral								
Otoño	2094.672	11.314	0.043	7,8	12,0	37	66,1	44,3
Real de Los Jueces								
Primavera	1536.094	0.000	0.081	8,11	25,7	44	24,7	17,0
Verano	696.988	0.000	0.032	7,8	19,2	66	36,1	22,5
Otoño	1227,835	10,438	0,112	7,9	9,0	19	25,0	15,0
Centro de la laguna								
verano	832.565	0.037	0.021	8,3	23,4	86	44,2	28,2
Otoño	2142,791	14,580	0,072	7.7	9	25.92	39.6	24.7

**Tabla 6. Valores medios de las valvas de *L. staplini* obtenidos en el ICP-MS. (error 1σ)**

	Mg/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	K <sub>D</sub> (Mg/Ca)	K <sub>D</sub> (Sr/Ca)	K <sub>D</sub> (Ba/Ca)
La playa						
Primavera	11,267 ± 3,458	2,759 ± 0,044	0,044 ± 0,008	0,014 ± 0,004	33,954 ± 0,536	1,954 ± 0,334
Verano	6,954	2,536	0,024	0.005	49.941	0.570
Otoño	10,603 ± 3,307	2,518 ± 0,213	0,016 ± 0,002	0,016 ± 0,005	0,458 ± 0,039	1,222 ± 0,176
Cerro Coral						
Otoño	7,991 ± 0,247	2,470 ± 0,021	0,021	0.004	0,218 ± 0,002	0,502
Real de Los Jueces						
Primavera	11,128 ± 3,633	2,655 ± 0,337	0,059 ± 0,027	0,007 ± 0,002	0.000	0,720 ± 0,336
Verano	7,167 ± 1,383	2,885 ± 0,446	0,074 ± 0,081	0,010 ± 0,002	0.000	1,197 ± 0,337
Otoño	7,414 ± 2,379	2,447 ± 0,280	0,039 ± 0,031	0,006 ± 0,002	0,234 ± 0,027	0,346 ± 0,274
Centro de la laguna						
verano	8.195 ± 0,756	2,932 ± 0,396	0,087 ± 0,031	0,001 ± 0,001	79,501 ± 10,745	4,078 ± 1.442
Otoño	7,159 ± 0,576	2,689 ± 0,378	0,058 ± 0,018	0,003	0,184 ± 0,026	0,811 ± 0,247

**Tabla 7. Datos de las valvas de *Limnocythere staplini***

	Peso ( $\mu\text{g}$ )	Valva	IC	Sexo	Medidas	
					L (mm)	A (mm)
La Playa						
Primavera	5.4	VI	4.0	M	0,571	0,261
	2.7	VI	2.0	F	0,607	0,313
	1.3	VD	2.0	F	0,603	0,323
	3.3	VD	2.0	F	0,564	0,297
Verano	3.9	VI	2,5	F	0.569	0.281
Otoño	1.0	VD	1.0	M	0.590	0.274
	3.8	VI	2.0	F	0.555	0.292
	4.0	VD	2.0	F	0.563	0.299
	3.0	VD	2.0	M	0.592	0.268
	1.1	VI	2.0	F	0.609	0.317
Cerro Coral						
Otoño	1.4	VI	1.0	M	0.663	0.290
	2.0	VD	1.0	M	0.642	0.296
Real de Los Jueces						
Primavera	9.0	VI	2.0	F	0.577	0.310
	3.2	VI	2.0	F	0.553	0.282
	1.2	VD	1.0	M	0.665	0.284
	1.1	VD	1.0	F	0.566	0.300
	5.4	VI	2.0	F	0.592	0.304
Verano	1.0	VI	2.0	M	0.619	0.270
	2.0	VD	2.0	M	0.604	0.278
	3.5	VD	1.0	F	0.658	0.340
	2.2	VI	2.0	F	0.546	0.288
	4.2	VD	2.0	F	0.541	0.290
Otoño	2.0	VI	2.0	F	0.607	0.307
	2.5	VI	2.0	F	0.557	0.270
	1.5	VD	2.0	F	0.544	0.275
	3.5	VD	1.0	M	0.603	0.272
	3.3	VI	1.0	F	0.557	0.302
Centro de la laguna						
Verano	3.4	VI	2.0	F	0.578	0.302
	2.5	VD	2.0	F	0.572	0.301
	1.2	VI	2.5	F	0.650	0.340
	5.2	VD	2.5	F	0.648	0.346
	4.1	VI	2.0	F	0.632	0.334
Otoño	3.5	VD	2.0	F	0.614	0.324
	3.4	VI	1.0	F	0.627	0.306
	3.5	VD	1.0	M	0.645	0.297

**Magnesio:**

**Relación Magnesio y peso de la valva:**

No se observa relación.

Relación Mg/Ca en la valva vs Mg/Ca del agua.

La relación entre el Mg/Ca de la valva de *L. staplini* y del agua muestran independencia.

Magnesio vs Temperatura

Se analizó el comportamiento del cociente Mg/Ca de la valva en relación con el de Mg/Ca del agua en ocho temperaturas (entre 9 °C y 25,7 °C), sin hallar relación (Figura 9).

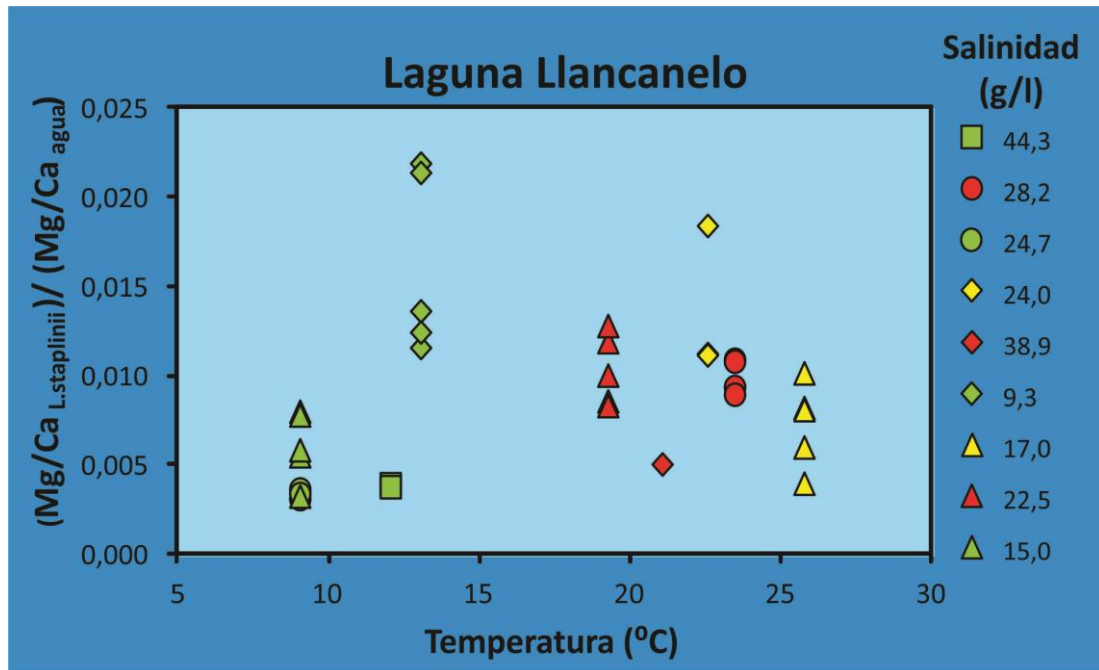


Figura 9. Datos tomados de la laguna Llancanelo, utilizando *Limnocythere staplini* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a ocho temperaturas. Cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verde y verde: otoño, los valores corresponden a la salinidad.

Magnesio vs Salinidad

Se analizó el comportamiento del Mg/Ca de la valva en relación con el cociente Mg/Ca del agua a nueve salinidades (entre 9,3 g l<sup>-1</sup> y 44,3 g l<sup>-1</sup>), mostrando una relación lineal levemente negativa (R<sup>2</sup>=0,17 p=0,01) entre ambos (Figura 10).



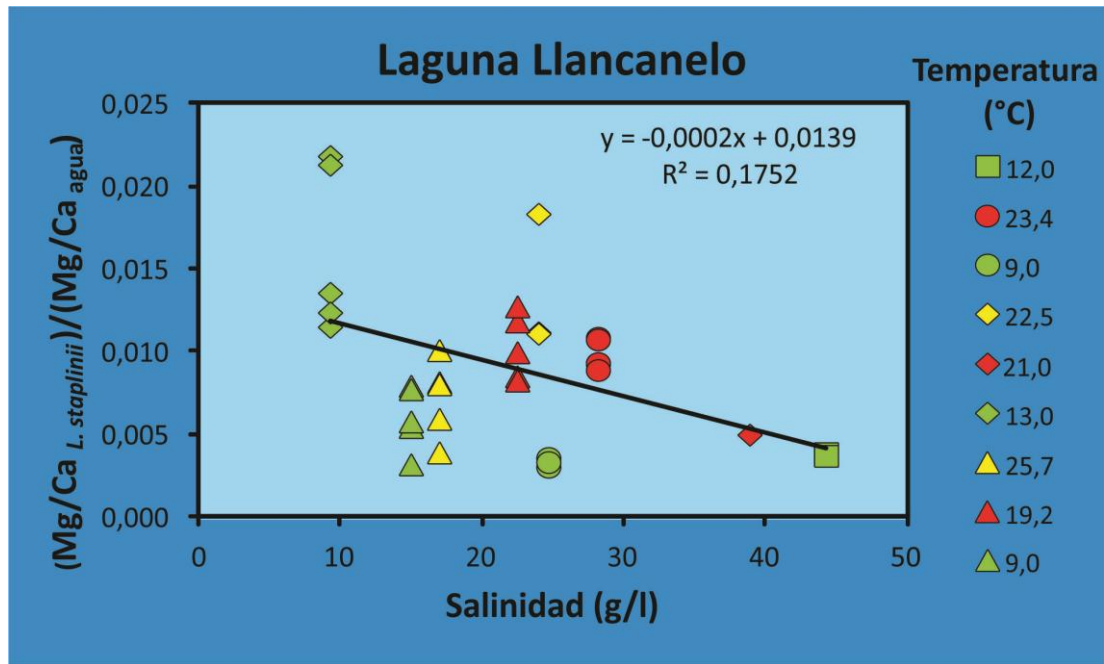


Figura 10. Datos tomados de la laguna Llancanelo, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a nueve salinidades. (Cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verde y verde: otoño, los valores corresponden a la temperatura).

### Estroncio

#### Relación Estroncio y peso de la valva

No se observó relación entre ambos.

#### Relación Sr/Ca en la valva vs Sr/Ca del agua

La relación entre el Sr/Ca de la valva de *L. staplinii* y del agua muestra independencia entre la cantidad de estroncio disponible en el agua con la cantidad de estroncio en la valva. Por lo que se evidencia que el Sr de la valva no está en proporción con el del agua. Es totalmente independiente y contrario a lo que postulan Chivas *et al.* (1985).

#### Estroncio vs Temperatura

En la Figura 11 se observa una fuerte relación positiva ( $R^2=0,80$  y  $p=0,00$ ) entre la temperatura y la relación Sr/Ca de la valva y el agua, mostrando una mayor absorción de Sr al aumentar la temperatura.

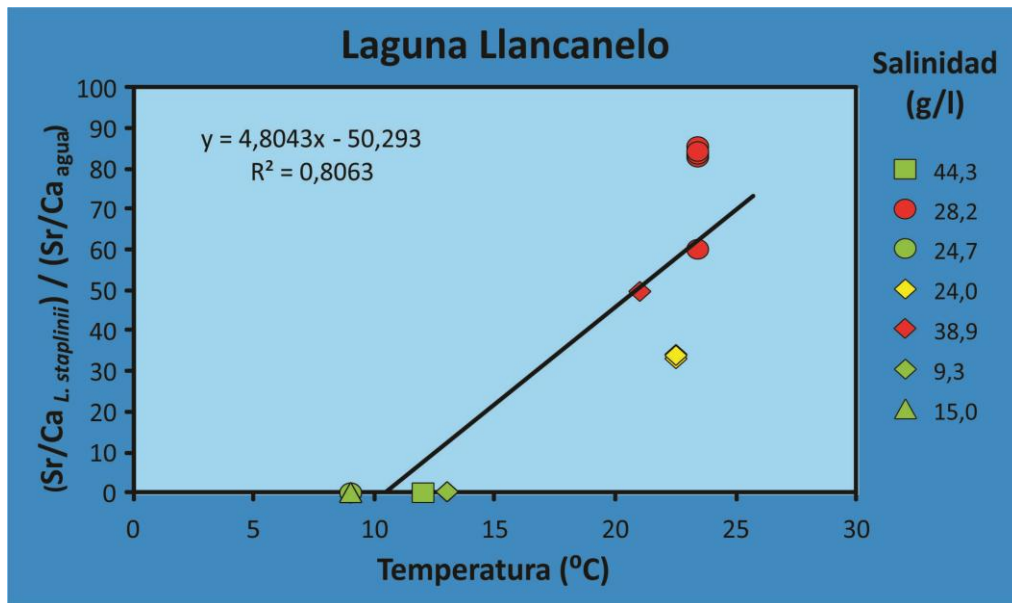


Figura 11. Datos tomados de la laguna Llancanelo, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a seis temperaturas (cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verde y verde: otoño, valores corresponden a la salinidad).

Estroncio vs Salinidad

Se evidencia en la Figura 12 que existe una relación levemente positiva ( $R^2=0,16$   $p=0,046$ ) entre ambos.

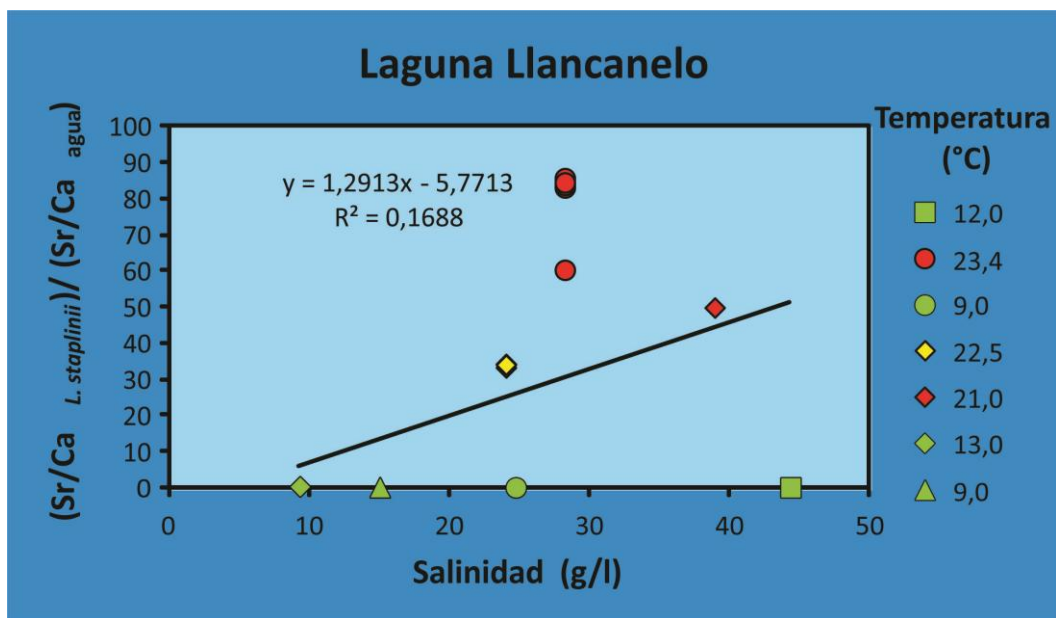


Figura 12. Datos tomados de la laguna Llancanelo, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a nueve salinidades (cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verde y verde: otoño, valores corresponden a la temperatura).

**Bario**

Relación Bario y peso en la valva

No existe una relación entre ambos.

Relacion Ba/Ca en la valva vs Ba/Ca del agua

No existe relación entre la cantidad de bario de la valva y la cantidad presente en el agua.

Bario vs Temperatura

En la Figura 13 se observa una relación positiva ( $R^2=0,20$ ;  $p=0,01$ ) entre la relación Ba/Ca de la valva y el agua con respecto a la temperatura, considerándose que la temperatura influye en la absorción de Ba.

Esta relación positiva con la temperatura está en discrepancia con lo propuesto por Lea & Spero (1992, 1994) quienes postulan que la absorción es independiente de la temperatura.

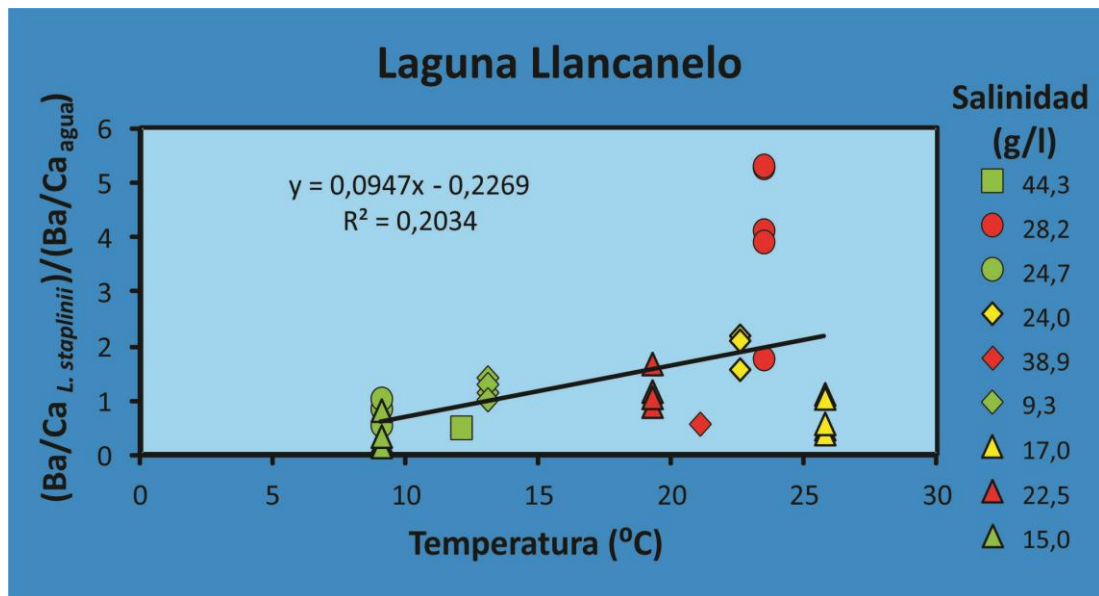


Figura 13. Datos tomados de la laguna Llanquanelo, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Ba/Ca de la valva y Ba/Ca del agua, a ocho temperaturas (cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verano y verde: otoño, valores corresponden a la salinidad).

Bario vs Salinidad

Se evidencia en la Figura 14 que no existe una relación entre el Ba/Ca de la valva y del agua.

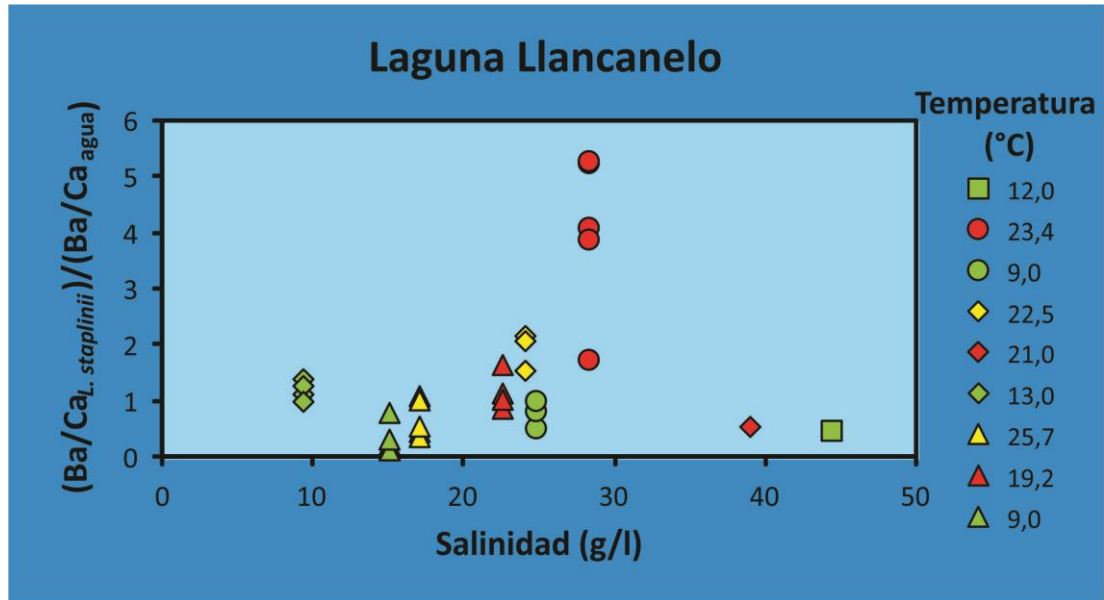


Figura 14. Datos tomados de la laguna Llanccanelo, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Ba/Ca de la valva y Ba/Ca del agua, a nueve salinidades (cuadrado: Cerro Coral, círculo: centro de la laguna, rombo: La Playa y triángulo: Real de Los Jueces. Amarillo: primavera, rojo: verde y verde: otoño, valores corresponden a la temperatura).

5.3.5.2. Bañados

Se utilizaron las muestras provenientes de dos bañados: La Porteña y Los Menucos. Se cuenta con los resultados de seis valvas. Los valores y condiciones ambientales donde se encontraron a los ostrácodos se presentan en las tablas 8 y 9 mientras que los datos de las valvas analizadas en la tabla 10.

Los bañados son cuerpos de agua mucho más simples que la laguna Llanccanelo, ya que la entrada de agua se produce a través de agua subterránea y la escasa precipitación. La pérdida de agua es hacia la laguna o por evaporación, pero nunca son ambientes salinos, sino ambientes de agua dulce a subsalina (Hammer 1986).

**Tabla 8. Valores físico-químicos obtenidos en el campo y valores obtenidos del ICP-MS del agua.**

	Mg/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	pH	Temperatura (°C)	centaje de Saturación Oxígeno Disuelto	Conductividad mS cm <sup>-1</sup>	Salinidad g l <sup>-1</sup>
La porteña								
Primavera	120,167	3,831	1,886	8,2	23,1	28	3,95	2,3
Verano	350,366	5,576	1,252	8,1	21,4	80	5,1	2,7
Otoño	297.729	5.317	1.126	7,6	11,5	38	4,4	2,3
Los Menucos								
Primavera	77.803	2.582	4.809	8,5	29,5	39	0,9	0,3

**Tabla 9. Valores obtenidos del ICP-MS de las valvas de *Limnocythere staplini*.**

	Mg/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	K <sub>D</sub> (Mg/Ca)	K <sub>D</sub> (Sr/Ca)	K <sub>D</sub> (Ba/Ca)
La porteña						
Primavera	5,429 ± 0,375	2,450 ± 0,174	0,024 ± 0,017	0,045 ± 0,003	0,639 ± 0,045	0,013 ± 0,009
Verano	5,461	2,669	0,0140	0,016	0,479	0,011
Otoño	4,326 ± 0,179	3,091 ± 0,142	0,014	0,015 ± 0,001	0,581 ± 0,027	0,013
Los Menucos						
Primavera	2.784	1.919	0.016	0.036	0.743	0.003

**Tabla 10. Datos de las valvas de *Limnocythere staplini*.**

	Peso (µg)	Valva	IC	Sexo	Medidas	
					L (mm)	A (mm)
La porteña						
Primavera	3.5	VD	1.0	H	0.628	0.321
	3	VI	1.0	H	0.658	0.327
Verano	3.4	VD	1.0	M	0.652	0.293
	2	VI	1.0	M	0.681	0.310
Otoño	1.1	VD	1.0	M	0,665	0.306
Los Menucos						
Primavera	1.5	VD	1.5	M	0.610	0.274

**Magnesio:**

Relación Magnesio y Peso de la valva

Se evidencia en la Figura 15 que existe una relación positiva ( $R^2=0,71$ ;  $p=0,03$ ) entre la relación molar de Mg/Ca presente en la valva con el peso de la misma.

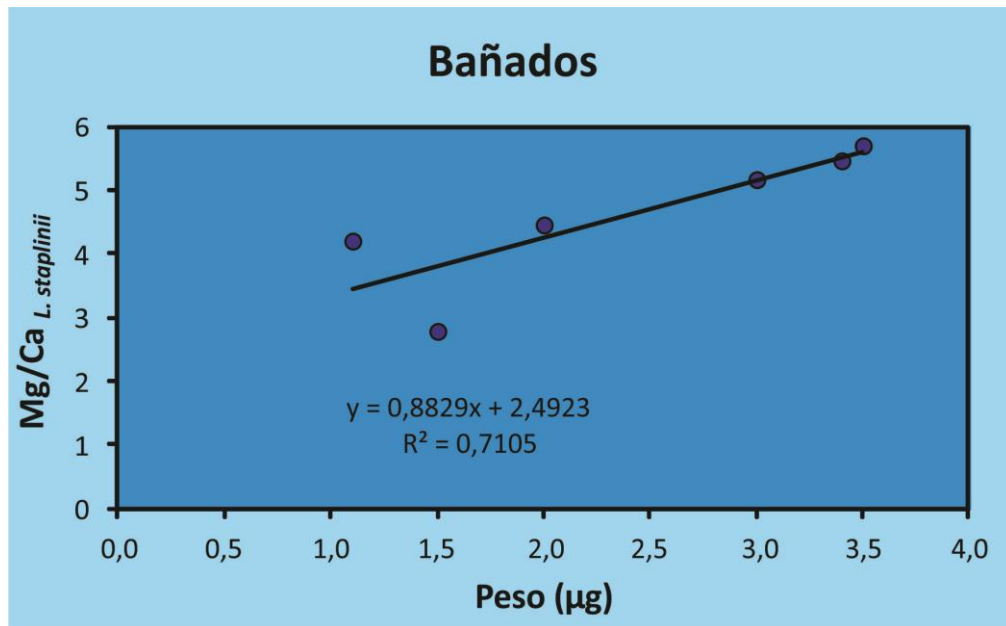


Figura 15. Relación molar Mg/Ca de la valva de *Limnocythere staplinii* en relación con su peso.

Relación Mg/Ca en la valva vs Mg/Ca del agua

No existe relación entre ambas. La proporción Mg/Ca de la valva es independiente de la del agua.

Magnesio vs Temperatura

No existe relación entre el Mg/Ca de la valva y el agua vs la temperatura (Figura 16).

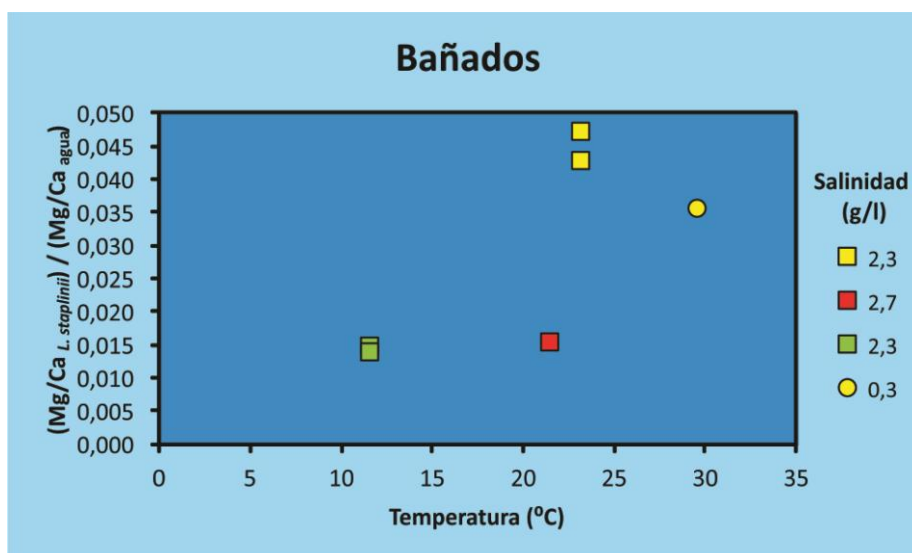


Figura 16. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a cinco temperaturas (Cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Magnesio vs Salinidad

Se analizó la relación del Mg/Ca de la valva y del agua a tres salinidades (0,3; 2,3 y 2,7 g/l) y no se encontró relación (Figura 17).

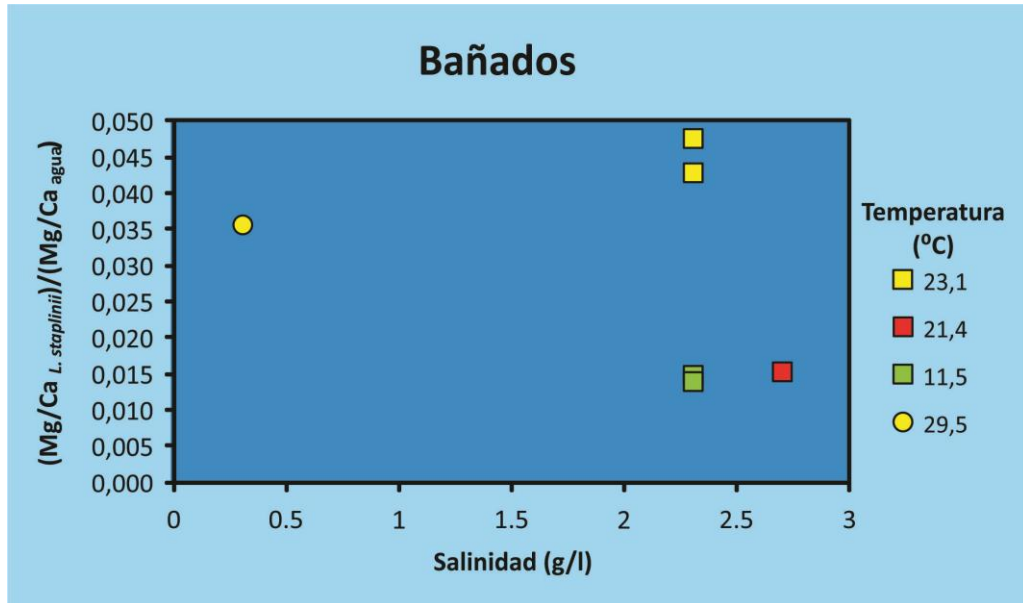


Figura 17. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a tres salinidades (Cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Estroncio

Relación Estroncio y peso en la valva:

No existe una relación entre el Sr/Ca de la valva y su peso, son independientes.

Relación Sr/Ca en la valva vs Sr/Ca del agua

La relación entre el Sr/Ca de la valva de *L. staplinii* y del agua muestra una relación positiva fuerte ( $R^2 = 0,77$ ;  $p = 0,02$ ) entre la cantidad de estroncio disponible en el agua con la cantidad de estroncio en la valva (Figura 18). Por lo que se evidencia que el Sr de la valva se encontraría en proporción con el del agua, siendo dependiente de la misma en concordancia con lo que postulan Chivas *et al.* (1985).

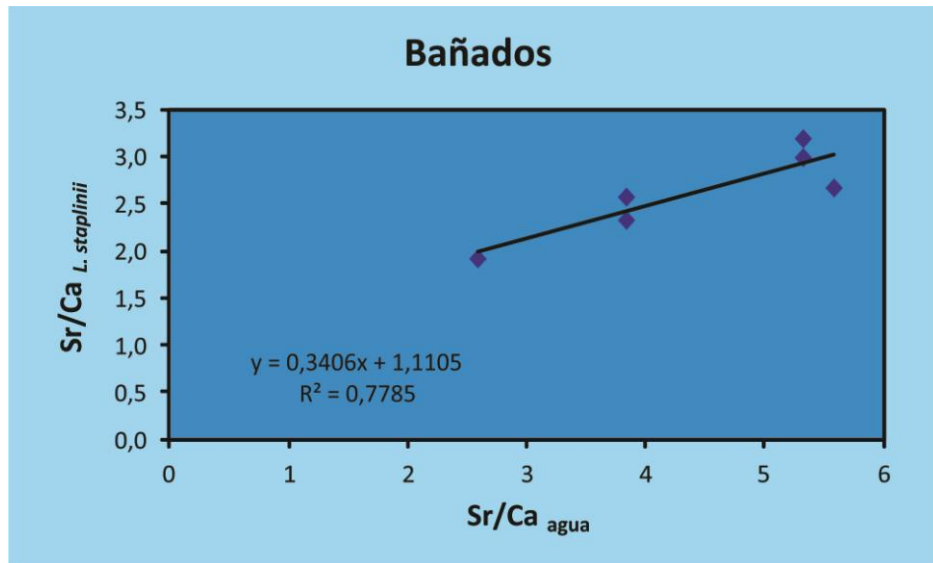


Figura 18. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Sr/Ca de la valva en relación al Sr/Ca del agua (valva individual: rombo celeste).

Estroncio vs Temperatura

En la Figura 19 se observa que no existe una relación entre la relación Sr/Ca de la valva y la del agua con respecto a la temperatura.

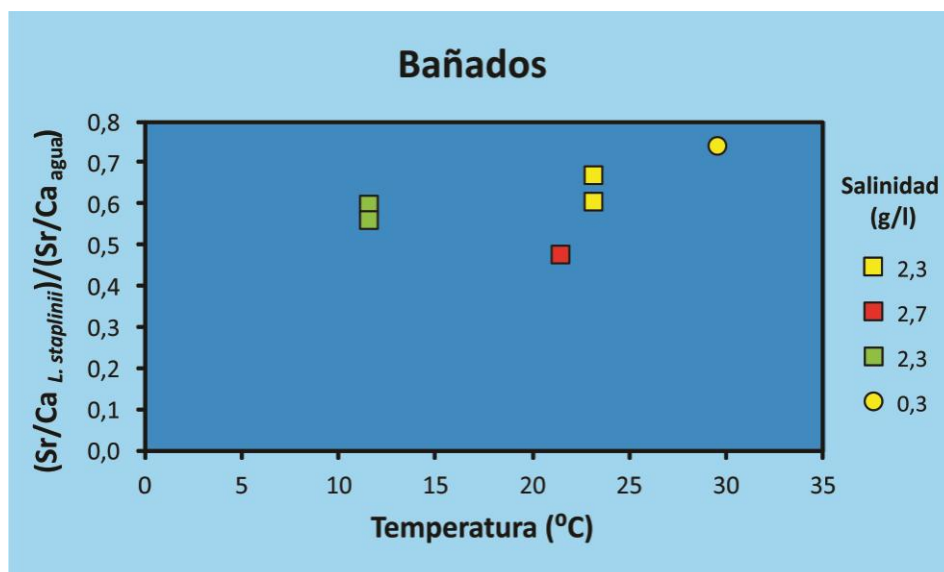


Figura 19 Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a cinco temperaturas (cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).



Estroncio vs Salinidad

Se evidencia en la Figura 20 que existe una relación negativa ( $R^2=0,65$ ;  $p=0,05$ ) entre la relación Sr/Ca del agua y valva con el aumento de la salinidad.

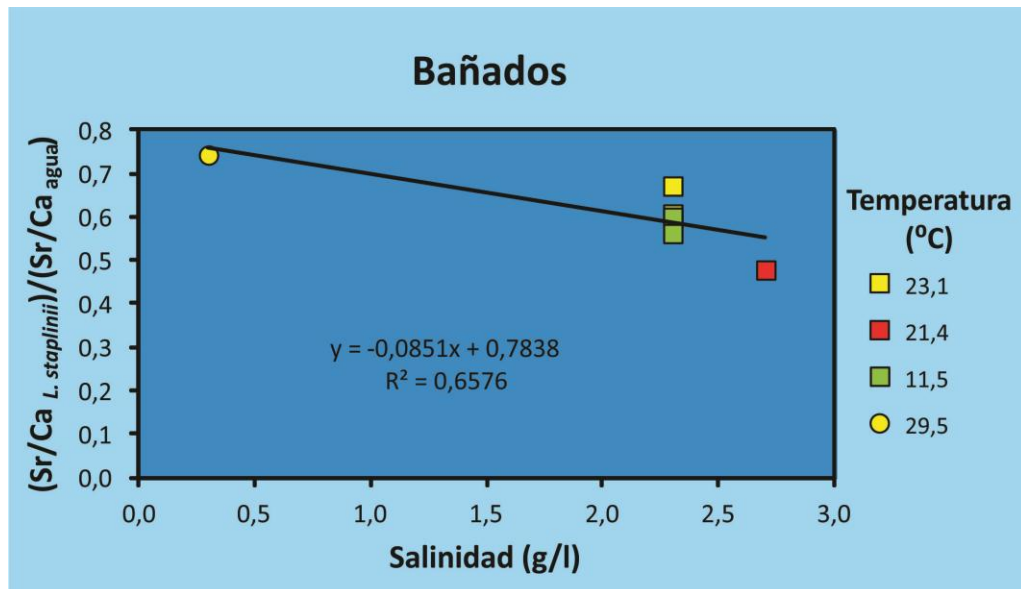


Figura 20. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a tres salinidades (Cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Bario:Relación Bario y peso de la valva

No existe relación entre el peso de la valva y su concentración de Ba/Ca.

Relación Ba/Ca en la valva vs Ba/Ca del agua

La relación entre el Ba/Ca de la valva de *L. staplinii* y el del agua muestra que la cantidad de Bario en la valva es independiente de la que se encuentra en el agua.

Bario vs Temperatura

En la Figura 21 se observa que no existe una relación entre la relación Ba/Ca de la valva y el agua con respecto a la temperatura.

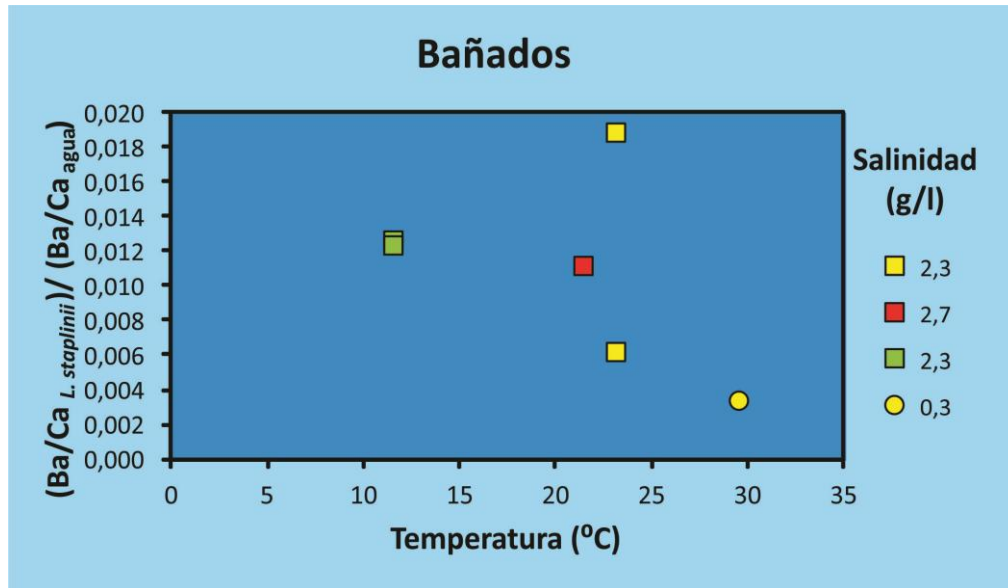


Figura 21. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a cuatro temperaturas (Cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Bario vs Salinidad

Se evidencia en la Figura 22 que no existe una relación entre la relación Ba/Ca del agua y valva con el aumento de la salinidad.

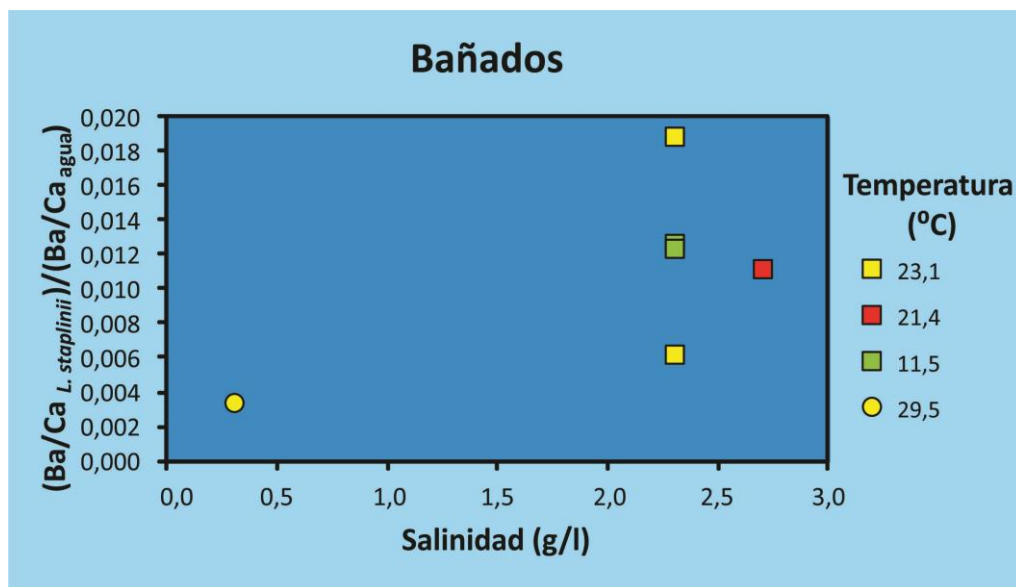


Figura 22. Datos tomados en los bañados, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a tres salinidades diferentes. (Cuadrado: La Porteña, círculo: Los Menucos, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

**5.3.5.3. Arroyos**

Se utilizaron las muestras obtenidas en los arroyos El Mocho, El Chacay y los distintos brazos del delta que forma el río Malargüe al entrar en la planicie de Llanquanelo.

Los datos de los ambientes y de las relaciones de las valvas se detallan en las tablas 11 y 12, mientras que los datos merísticos de las valvas se presentan en la tabla 13.

Tanto los arroyos como el río Malargüe son alimentados principalmente por el deshielo que se produce en la cordillera, y drenan hacia la laguna.

**Tabla 11. Valores físico-químicos obtenidos en el campo y valores obtenidos del ICP-MS del agua.**

	Mg/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>agua</sub> (mmol/mol)	pH	Temperatura ( °C)	Oxígeno Saturado Disuelto (%)	Conductividad mS cm <sup>-1</sup>	Salinidad g l <sup>-1</sup>
Arroyo El Mocho Primavera	292,051	7,241	14,924	9,3	26,7	57	1,8	0,9
Arroyo El Chacay Primavera	164,582	6,382	7,212	8,5	25,1	40	1,2	0,4
Otoño	75,638	8,824	5,358	8,0	10	25	2,7	1,3
Delta del Río Malargüe Primavera	132,453	3,447	3,179	8,5	22,9	94	2,6	1,7
Verano	27,886	2,645	5,455	9	24,6	84	0,8	0,2
Verano	26,845	2,140	4,579	8,9	26,6	97	0,8	0,2
Verano	308,942	4,664	5,333	8,3	26,2	76	3,8	1,9
Otoño	39,157	3,576	3,239	8,5	10,0	24	1,9	0,8

**Tabla 12. Valores obtenidos del ICP-MS de las valvas de *Limnocythere staplini*.**

	Mg/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Sr/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	Ba/Ca <sub>valva</sub> (mmol/mol)	K <sub>D</sub> (Mg/Ca) Mg/Ca	K <sub>D</sub> (Sr/Ca) Sr/Ca	K <sub>D</sub> (Ba/Ca) Ba/Ca
Arroyo El Mocho Primavera	4,390 ± 0,705	2,089 ± 0,188	0,054 ± 0,011	0,015 ± 0,002	0,288 ± 0,026	0,004 ± 0,001
Arroyo El Chacay Primavera	5,823 ± 0,089	3,346 ± 0,071	0,014	0,035 ± 0,001	0,524 ± 0,011	0,002
Otoño	4476 ± 1,565	2,333 ± 0,031	0,085 ± 0,048	0,059 ± 0,021	0,264 ± 0,003	0,016 ± 0,009
Delta del Río Malargüe Primavera	3,085 ± 0,374	2,022 ± 0,026	0,022 ± 0,003	0,023 ± 0,003	0,587 ± 0,008	0,007 ± 0,001
Verano	6,662 ± 3,369	2,603 ± 0,094	0,022 ± 0,005	0,239 ± 0,121	0,984 ± 0,036	0,004 ± 0,001
Verano	2,760 ± 0,103	2,067 ± 0,013	0,072 ± 0,018	0,103 ± 0,004	0,966 ± 0,006	0,016 ± 0,004
Verano	11,907 ± 3,120	3,140 ± 0,539	0,077 ± 0,021	0,039 ± 0,010	0,673 ± 0,116	0,014 ± 0,004
Otoño	6,860 ± 2,441	2,754 ± 0,815	0,062 ± 0,039	0,175 ± 0,062	0,770 ± 0,228	0,019 ± 0,012

Tabla 13. Datos de las valvas de *Limnocythere staplini*.

Código de las valvas	Peso (µg)	Valva	IC	Sexo	Medidas	
					L (mm)	A (mm)
Arroyo El Mocho						
Primavera 141_b	1.6	VD	1.0	H	0.556	0.272
142	0.8	VI	1.0	H	0.523	0.279
Arroyo El Chacay						
Primavera 161_b	4.0	VI	1.0	M	0.624	0.274
161	3.0	VD	1.0	M	0.617	0.269
Delta del Rio Malargüe						
Primavera 341_b	1.9	VD	1.0	M	0.589	0.265
341	3.0	VI	1.0	M	0.570	0.258
Verano 247	4.6	VI	1.0	H	0.514	0.272
247_b	3.7	VD	1.0	H	0.512	0.264
248_b	2.6	VD	1.0	M	0.559	0.253
251	4.6	VI	1.0	M	0.651	0.291
253	4.3	VI	2.0	H	0.581	0.299
253_b	4.3	VD	2.0	H	0.577	0.294
276	1.5	VI	4.0	H	0.564	0.282
276_b	5.6	VD	4.0	H	0.546	0.287
287	4.1	VI	1.0	H	0.574	0.300
287_b	4.6	VD	1.0	H	0.575	0.296
292	4.2	VI	3.0	M	0.603	0.264
292_b	2.5	VD	3.0	M	0.585	0.263
309	1.5	VI	4.0	M	0.612	0.287
309_b	2.4	VD	4.0	M	0.617	0.289
307	3.4	VI	1.0	H	0.661	0.343
306	3.1	VI	1.0	M	0.631	0.284
306_b	0.8	VD	1.0	M	0.623	0.281
Otoño 311_b	5.6	VD	3.0	H	0.644	0.343
311	6.3	VI	3.0	H	0.659	0.337
313_b	3.0	VD	2.0	H	0.624	0.329
314	2.9	VI	3.0	H	0.529	0.264

**Magnesio:**Relación Magnesio y peso de la valva

No existe relación entre ambos.

Relacion Mg/Ca en la valva vs Mg/Ca del agua

La relación entre el Mg/Ca de la valva de *L. staplini* y del agua es positiva ( $R^2=0,26$ ;  $p=0,005$ ), podría considerarse que la cantidad de magnesio que se encuentra en la valva se encuentra levemente en proporción a la que se encuentra en el agua (Figura 23).

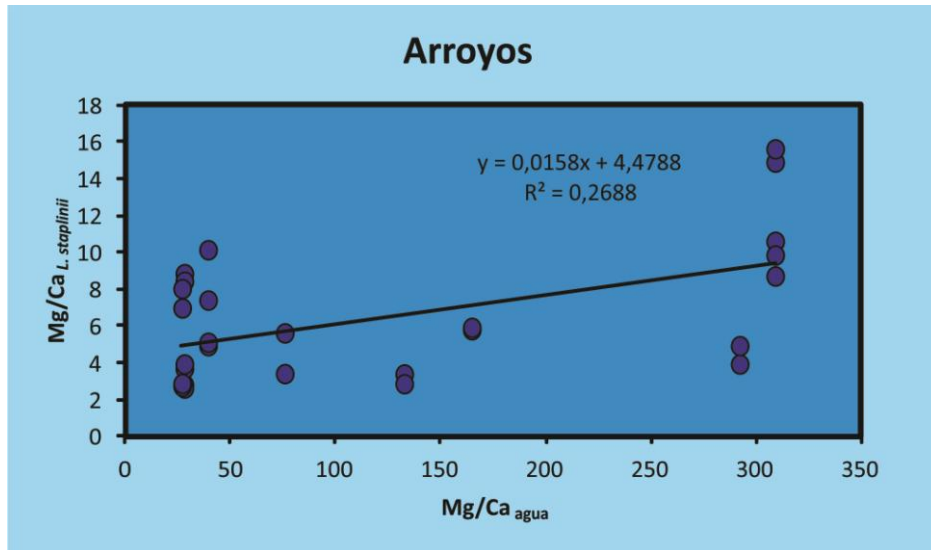


Figura 23. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva en relación con Mg/Ca del agua (valva individual: círculo celeste).

Magnesio vs Temperatura

No existe relación entre el Mg/Ca de la valva y el agua vs la temperatura del agua (Figura 24).

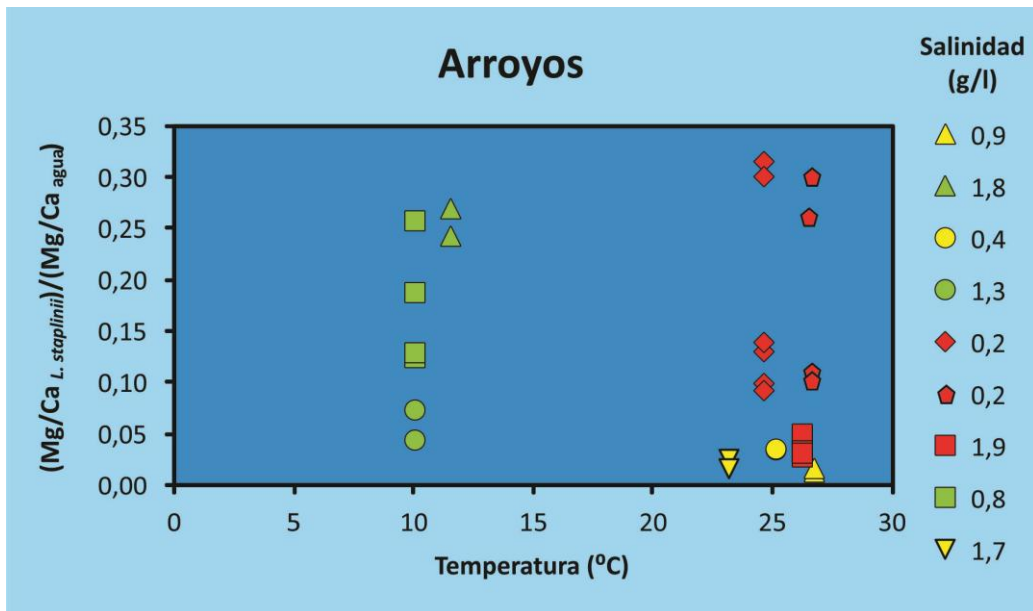


Figura 24. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a nueve temperaturas (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Magnesio vs Salinidad

Se analizó la relación del Mg/Ca de la valva y del agua a siete valores de salinidad. Se evidencia en la Figura 25 que existe una relación negativa ( $R^2 = 0,14$ ;  $p=0,04$ ) entre la relación Mg/Ca del agua y valva con el aumento de salinidad.

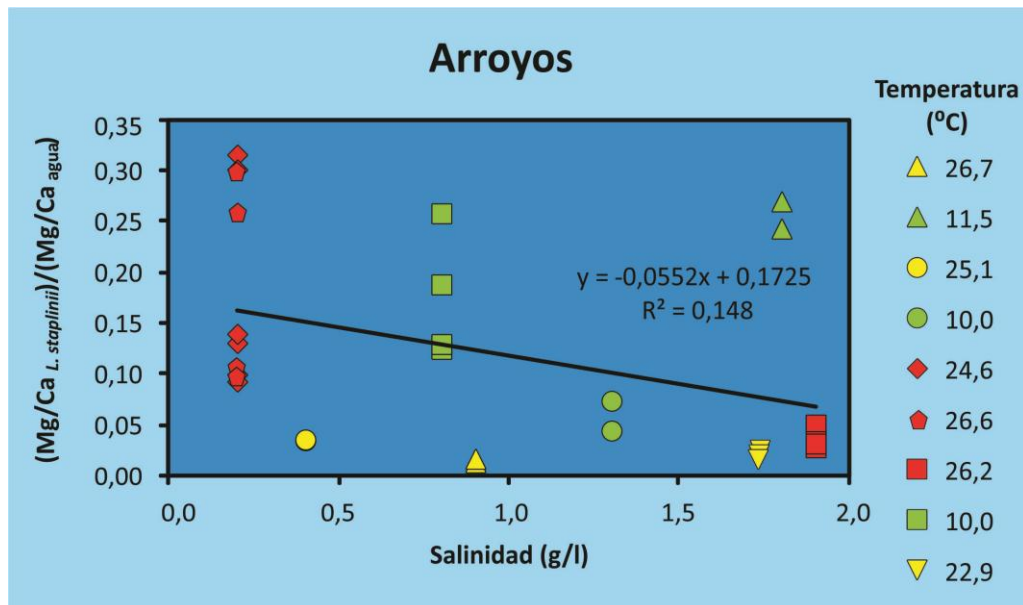


Figura 25. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Mg/Ca de la valva y Mg/Ca del agua, a ocho salinidades (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Estroncio

Relación Estroncio y peso en la valva

No existe relación entre la relación Sr/Ca de la valva y el peso de la misma.

Relacion Sr/Ca en la valva vs Sr/Ca del agua

No existe relación entre el Sr/Ca de la valva de *L. staplinii* y del agua. La cantidad de estroncio en la valva es independiente de la del agua.

Estroncio vs Temperatura

No existe relación entre el Sr/Ca de la valva y el agua vs la temperatura del agua (Figura 26).

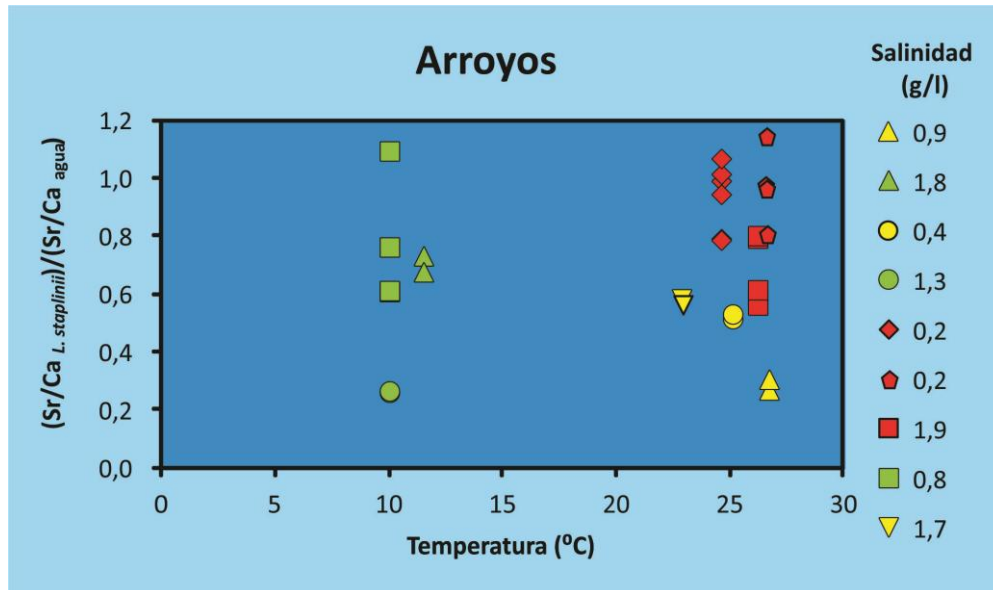


Figura 26. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a nueve temperaturas (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Estroncio vs Salinidad

Se evidencia una relación negativa ( $R^2=0,20$ ;  $p=0,01$ ) entre el cociente Sr/Ca del agua y valva con el aumento de la salinidad (Figura 27).

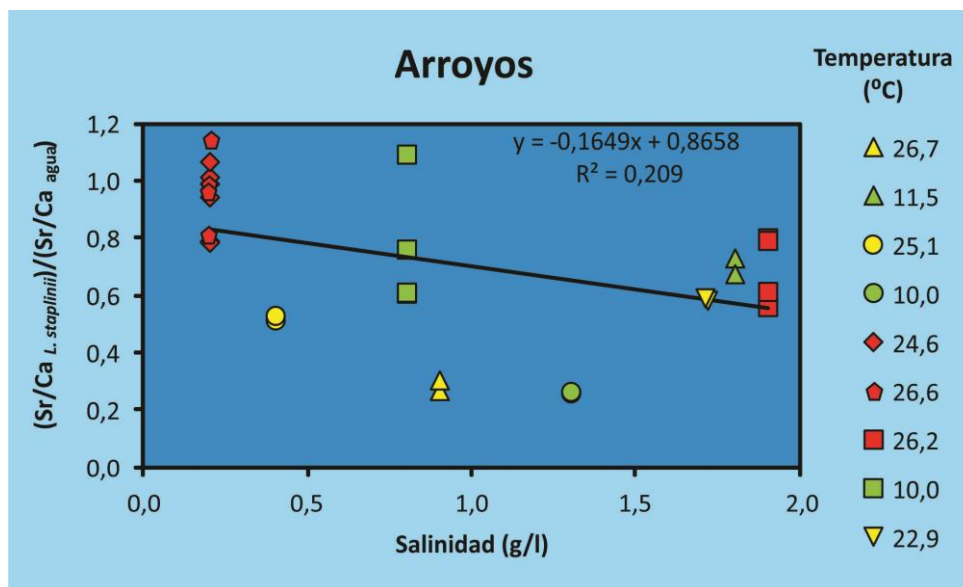


Figura 27. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Sr/Ca de la valva y Sr/Ca del agua, a ocho salinidades (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

**Bario:**

Relación Bario y el peso en la valva

No existe relación entre la cantidad de Ba y el peso de las valvas.

Relación Ba/Ca en la valva vs Ba/Ca del agua

La relación entre el Ba/Ca de la valva de *L. staplini* y del agua muestra que la cantidad de Bario en la valva es independiente de la que se encuentra en el agua.

Bario vs Temperatura

En la Figura 28 se observa que existe una relación negativa ( $R^2=0,15$ ;  $p=0,03$ ) entre la relación Ba/Ca de la valva y el agua con respecto a la temperatura, concluyendo que la temperatura tiene un efecto negativo en la absorción del bario.

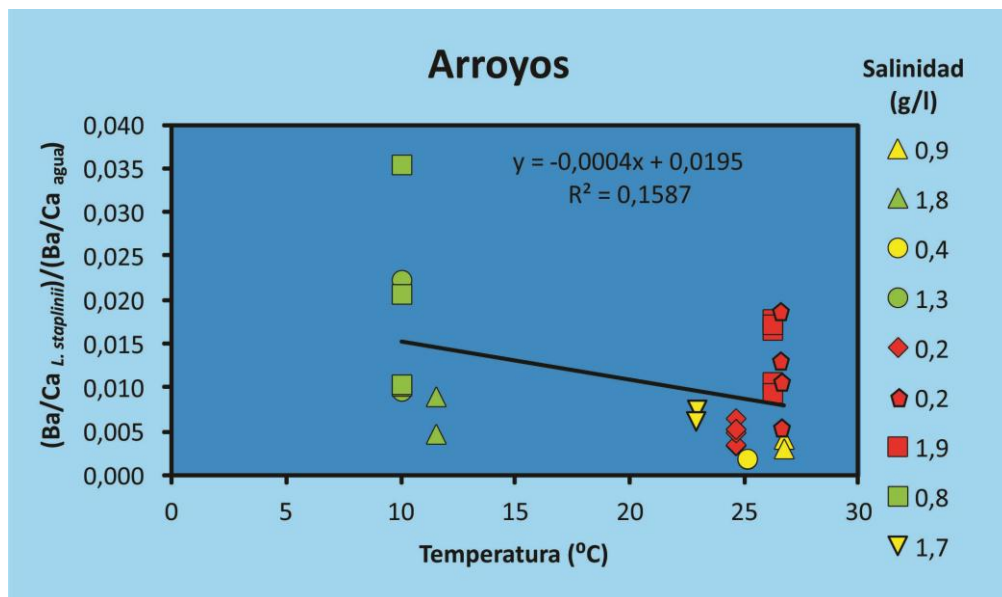


Figura 28. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplini* mostrando la relación Ba/Ca de la valva y Ba/Ca del agua, a nueve temperaturas (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

Bario vs Salinidad

En la Figura29 se analiza la relación Ba/Ca de la valva y agua a siete valores de salinidad. No existe relación entre ellos, es decir el Ba es independiente a la salinidad.



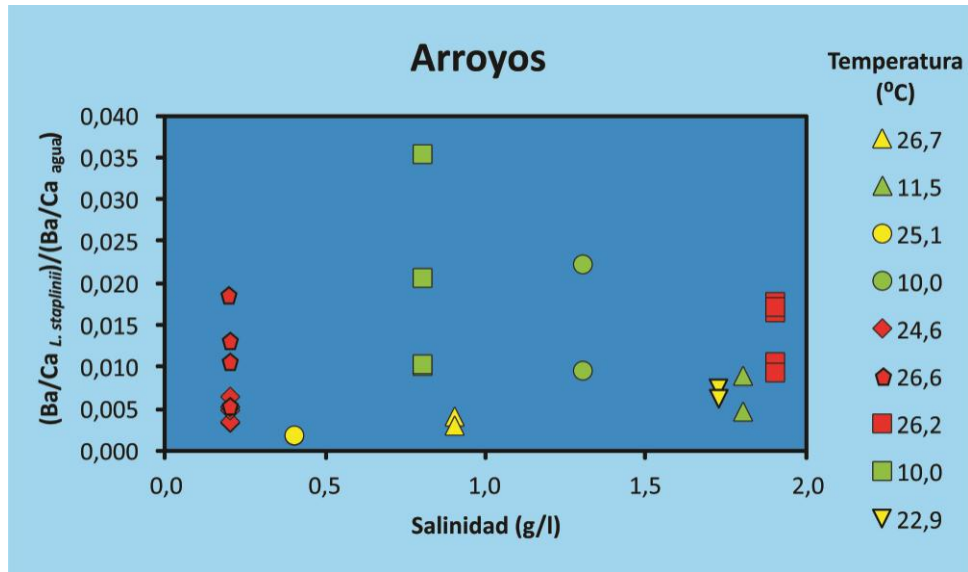
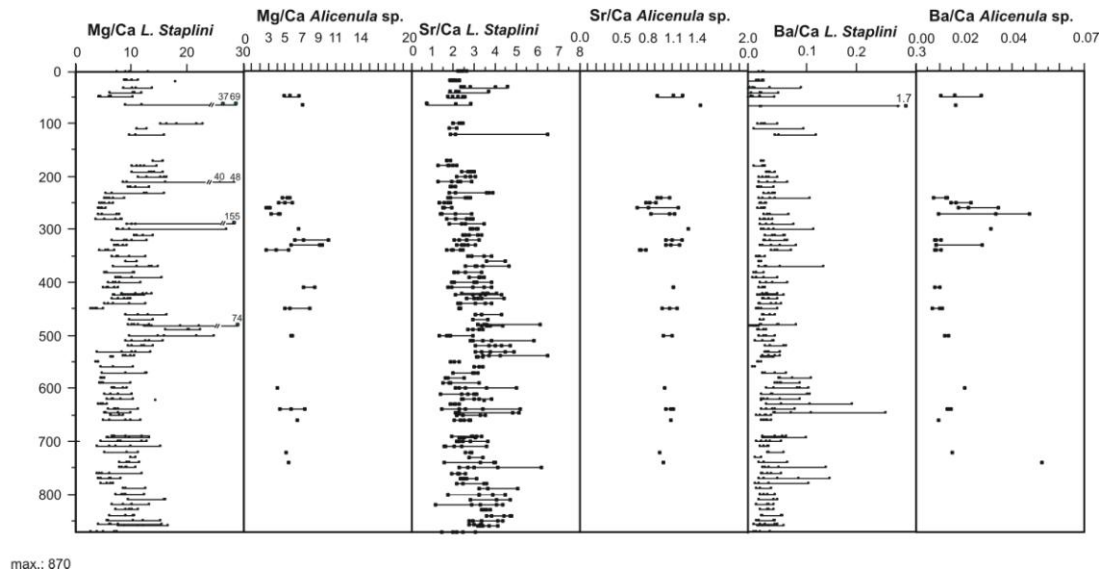


Figura 29. Datos tomados en los Arroyos, utilizando *L. staplinii* mostrando la relación Ba/Ca de la valva y Ba/Ca del agua, a ocho salinidades (Triángulo: El Mocho, círculo: El Chacay, Rombo, cuadrado y asterisco brazos del delta del río Malargüe, amarillo: primavera, rojo: verano, verde: otoño).

### 5.3.6. Testigo LL3 – Laguna Llancanelo

Se seleccionó la laguna Llancanelo para el estudio de los cambios de los elementos traza en las valvas de ostrácodos, obtenidos del testigo LL3 extraído de “La Playa”. Los análisis se realizaron con dos especies, *Limnocythere staplinii* y *Alicenula* sp. Los datos que fueron obtenidos a partir de ejemplares recientes son considerados valores medios y que refieren a un ambiente lacustre con escasa profundidad bajo la influencia de clima árido. En la Figura 30 se observa la variación de las relaciones Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca analizados en la valva de *L. staplinii* y en *Alicenula* sp.



**Figura 30.** Curvas de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca analizadas en *Limnocythere staplini* y *Alicenula* sp. a lo largo del testigo LL3. Cada punto es el valor individual de la valva.

**5.3.6.1. *Limnocythere staplini*:** Esta especie fue registrada en 86 niveles del testigo LL3. Se analizaron cinco valvas por nivel excepto en niveles donde sólo se tomaron tres por ser escasos los adultos. Los valores medios de las medidas y los pesos se encuentran en la tabla 14.

Tanto machos como hembras fueron estudiados y no presentaron diferencias significativas en la concentración de los elementos traza.

En la hidroquímica de la laguna actual podría relacionarse que la cantidad de Sr y Ba en la valva son afectados por las variables temperatura y la salinidad. Se utilizaron los rangos (mínimos y máximos) obtenidos de los elementos en la laguna como parámetro de condiciones similares a las actuales. Se utilizó el rango de los muestreos en “La Playa” (donde se extrajo el testigo LL3), para así poder diferenciar más claramente si las condiciones eran similares a La playa actual, si eran similares a otros sitios de muestreo en la laguna o si salían del rango de la misma (Figura 31). En la Figura 32 puede observarse la variación a lo largo del testigo.

**Tabla 14. Valores medios de las hembras y machos obtenidos para el análisis de sus valvas en el ICP-MS.**

<i>Limnocythere staplini</i>	Medidas						Peso ( $\mu\text{g}$ )			Número total
	Largo (mm)			Alto (mm)			Media	Máximo	Mínimo	
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo				
LL3										
♀ VI	0.561	0.738	0.303	0.297	0.409	0.219	4.4	17.6	0.9	204
♀ VD	0.555	0.703	0.411	0.300	0.373	0.224	4.1	13.3	0.6	209
♂ VI	0.585	0.647	0.515	0.267	0.291	0.243	2.5	4.2	1.2	11
♂ VD	0.601	0.653	0.568	0.279	0.315	0.247	4.6	10.8	2.0	11

Magnesio/Calcio:

La relación Mg/Ca en la laguna actual presentó grandes variaciones entre los 3,941 y los 15,534 mmol/mol, considerándose que los valores que se encuentren en este rango presentarían condiciones similares a las actuales. En cambio 'La Playa' presentó un rango de 6,954 mmol/mol a 15,260 mmol/mol.

El testigo, mayormente, presentó relaciones Mg/Ca en el rango de los valores actuales de la laguna, con la excepción de valores menores a los 550 cm y a los 450 cm. En tres momentos la relación fue mayor (entre los 500–482 cm, a los 210 cm, a los 100 cm y a los 63 cm).

Estroncio/Calcio:

Presenta una gran variación a lo largo del testigo, seguramente relacionado con los cambios en el nivel hidrométrico de la laguna. Estos cambios se observan actualmente en el ciclo anual, por lo que se tomaron como parámetros los valores actuales de la relación Sr/Ca entre 2,146–3,433 mmol/mol, considerándose que los valores que se encuentren en este rango presentarían condiciones similares a las actuales.

Valores menores a los encontrados en la laguna se hallaron a los 630 cm, 590–580 cm, 550 cm, 500 cm, 340 cm, 270–250 cm, 220–210 cm, 180-170 cm, 110 cm, 63-47 cm y a los 16 cm.

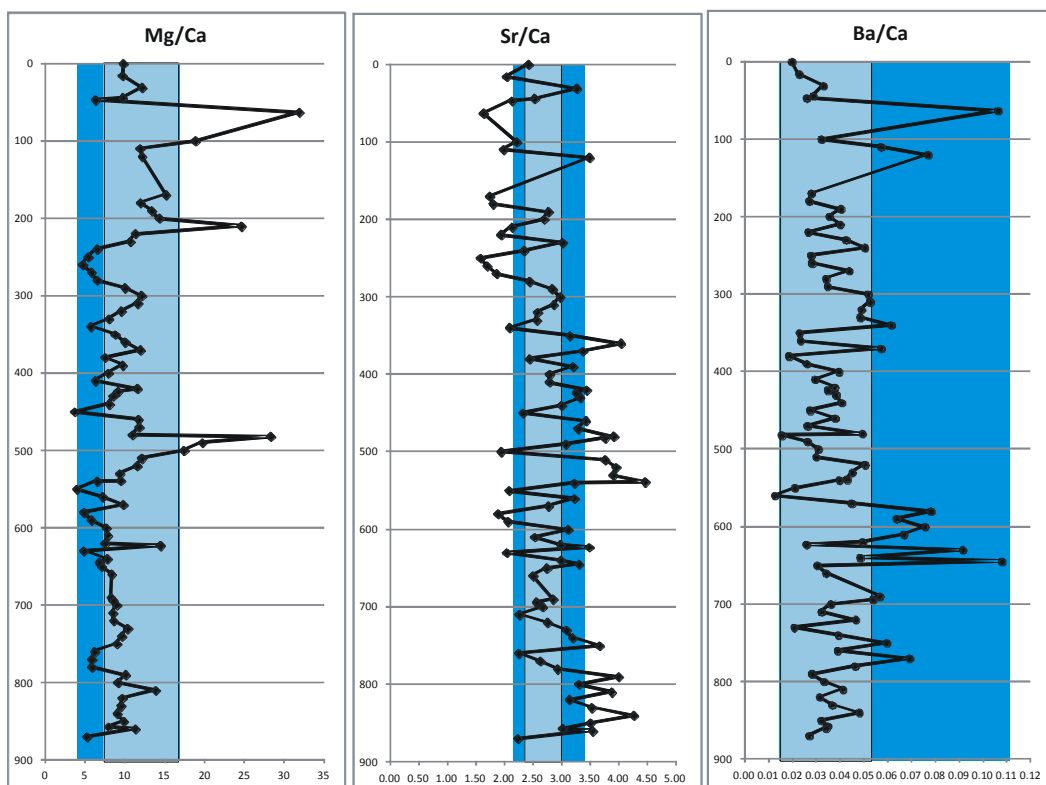
Los mayores valores de la relación Sr/Ca se hallaron entre los 860-790 cm, 750 cm, 623 cm, 539–510 cm, 482–480 cm, 360 cm y 120 cm.

Bario/Calcio:

Presenta una gran variación a lo largo del testigo. El rango presente en el testigo coincide con los valores obtenidos en la laguna, habiendo verificado que la laguna estuvo expuesta durante el año a ingresos de agua dulce, más puntualmente en los sitios muestreados cercanos a ingreso de arroyos y de bañados, donde varió entre 0,014 mmol/mol y 0,113 mmol/mol. En cambio el sitio de La Playa que se encuentra relativamente alejado de los mismos presentó un rango menor (0,014mmol/mol a 0,050 mmol/mol)

El único punto que presentó valores menores a ambos sitios es a los 560 cm donde el nivel hidrométrico habría disminuido.

Tomando en consideración los valores de la playa, existieron diez momentos de valores mayores de Ba/Ca a los 770 cm, 750 cm, 694-690 cm, 645–630 cm, 610-580 cm, 370 cm, 340 cm, 310–300 cm, 120-110 cm y 63 cm. Los picos se encuentran a los 120-110 cm y a los 63cm. Se desarrollan luego de los niveles estériles de yeso, lo que marcaría un claro ingreso de agua dulce al sistema.



**Figura 31. Variación de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca a lo largo del testigo LL3, en celeste rangos coincidentes con los muestreos realizados en “La Playa” y en azul con los de la laguna.**

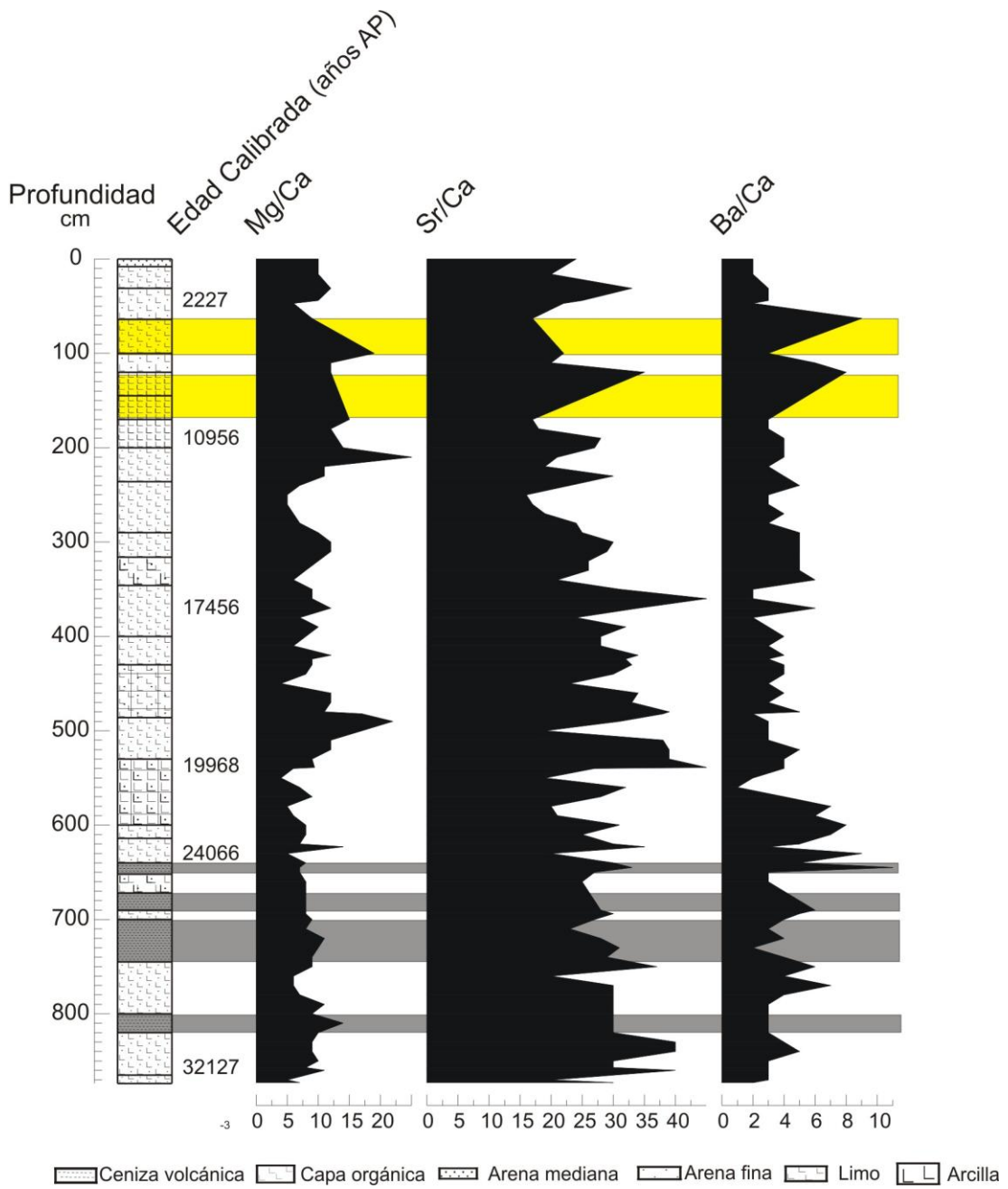


Figura 32. Datos tomados del testigo LL3, utilizando *Limnocythere staplini* mostrando la relación Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca de la valva en relación con la profundidad. Sólo se representan las medias en cada uno de los niveles. (Amarillo: yeso, Gris: niveles de cenizas).

**5.3.6.2. *Alicenula* sp.**

Esta especie se encontró en 18 niveles del testigo LL3. En la mayoría de los niveles se analizaron tres valvas. Los valores medios de las medidas y los pesos se encuentran en la tabla 15.

**Tabla 15. Valores medios de las hembras obtenidos para el análisis de sus valvas en el ICP-MS.**

<i>Alicenula</i> <i>sp</i>	Medidas						Peso ( $\mu\text{g}$ )			Número total
	Largo (mm)			alto (mm)			Media	Máximo	Mínimo	
	Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo				
LL3										
♀ VI	0.717	0.777	0.560	0.325	0.361	0.253	6.7	10.2	3.0	47
♀ VD	0.710	0.790	0.469	0.297	0.337	0.197	7.3	11.0	2.0	69

Lamentablemente no se pudieron analizar las valvas actuales de *Alicenula* sp., por lo que no se cuenta con un valor actual para utilizar de análogo y saber cómo es la relación de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca de la valva con el agua, ni como esa relación se comporta con la temperatura y la salinidad.

Asimismo, esta especie fue seleccionada por ser una especie de mayor tamaño y afín al agua dulce, aunque no se encuentra presente en la mayoría de los niveles del testigo.

En la Figura 33 se observa un aumento en relación con sus valores de Ba/Ca a los 740 cm, a entre los 300 – 270 cm relacionados con los picos presentes en los análisis de *L. staplini*. Un aumento de la relación Mg/Ca y Sr/Ca los 410 cm, 300 – 320 cm y a los 47cm.

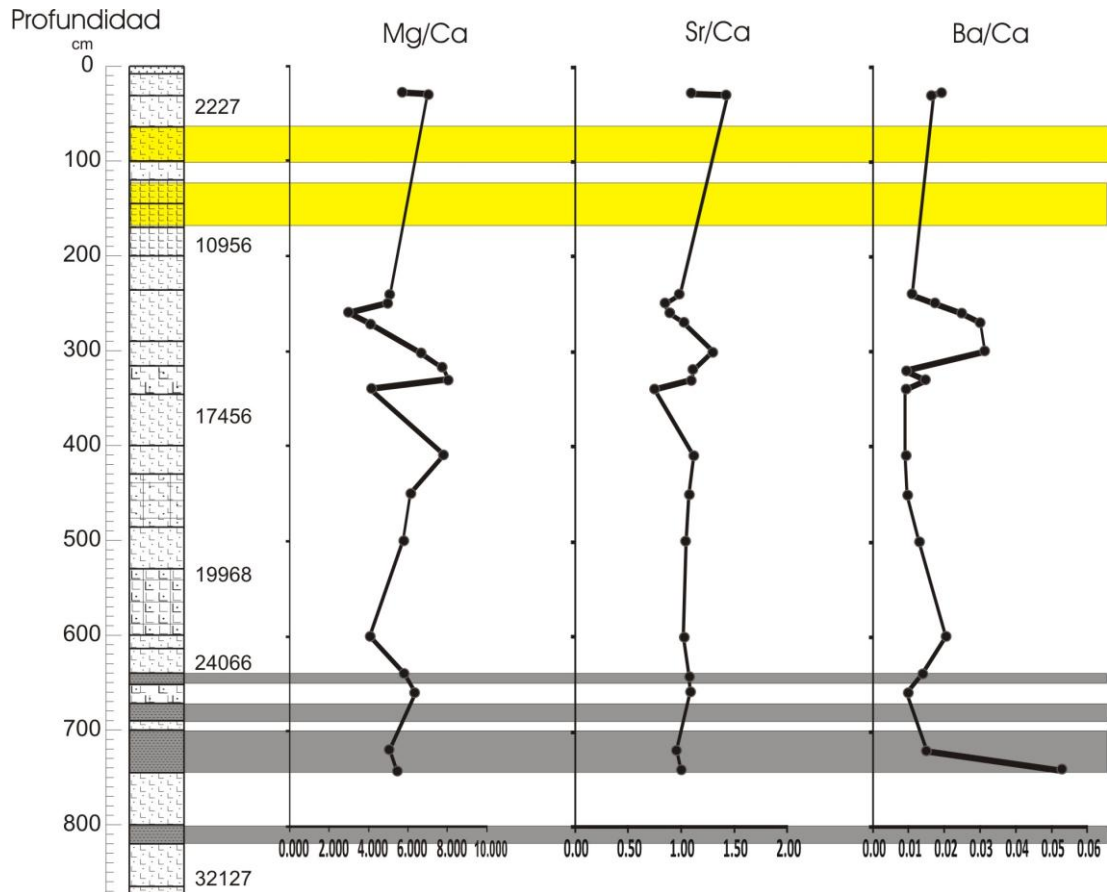


Figura 33. Datos tomados del testigo LL3, utilizando *Alicenula sp.*, mostrando la relación Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca de la valva en relación con la profundidad.

**5.4. CONCLUSIONES:**

Este es el primer estudio de elementos traza en esta cuenca y en la Argentina. Aunque los resultados del análisis de elementos traza no expresan una relación clara con los datos ambientales considerados, sí pueden dar una aproximación a ciertas características del ambiente. Lamentablemente, al ser un ambiente con gran variación térmica y diferentes ingresos de agua al sistema, tanto superficiales (arroyos, bañados y precipitación) como del acuífero, se complica dilucidar las relaciones con los factores ambientales.

Los ambientes actuales estudiados son muy heterogéneos pero se comportan de la misma manera en algunos aspectos.

Magnesio:

- La relación entre Mg en la valva y el peso sólo es lineal y positiva en los bañados.
- La relación Mg/Ca de la valva vs Mg/Ca del agua sólo presentó una relación levemente positiva en los arroyos.

Estroncio:

- La relación Sr/Ca de la valva vs Sr/Ca del agua en los bañados presentó un comportamiento positivo por lo que el Sr de la valva estaría en proporción a la cantidad de Sr en el agua. Esto está en concordancia con Chivas *et al* (1985).
- El comportamiento con respecto a la salinidad en la laguna fue levemente positivo.
- La temperatura influyó positivamente a la absorción de Sr en la valva en la laguna.

Bario:

- El bario en la laguna tuvo una relación positiva con la temperatura.

En los análisis de las valvas actuales se observó un bajo peso, lo cual está relacionado con valvas muy delgadas que se producen como consecuencia de que el ambiente nunca se satura de Ca. Esto si sucedió en el ambiente estudiado por Chivas *et al.* (1983, 1985) que es un lago de cráter (Keilambete) alimentado sólo por precipitaciones con una salinidad entre 10 g/l a 100 g/l y saturado de Ca. En estas circunstancias, la variable Ca tanto de la valva como del agua fue eliminada y entonces el Sr estaba directamente relacionado a la salinidad.

En la cuenca de LLancanelo, los muestreos se realizaron a diferentes horarios por las distancias que se debían recorrer entre los sitios, lo que produjo que en verano se detectaran diferencias térmicas pronunciadas, lo cual conlleva a un error ya que si el ostrácodo mudó unas horas o unos días antes lo pudo hacer a otra temperatura de la registrada en el muestreo debido a que la escasa profundidad del ambiente facilita que la temperatura del agua también sea fluctuante en el ciclo diario.

Utilizando las asociaciones de ostrácodos del mismo testigo y sus calibraciones (Figura 34) se puede concluir que:



**Zona A (subzona 1 – 4):** Se desarrolla de los 900 cm hasta los 697 cm (~26ka). La laguna se caracteriza por presentar una asociación de ostrácodos con baja riqueza específica y abundancia, definida por la dominancia alternada de *L. rionegroensis* y *L. staplini*, acompañadas por *E. fontana* y sólo en escasos niveles por *E. virgata*. Los dos picos de Ba/Ca presentes en esta zona se dan a los 770 cm (mayor pico) donde se reemplaza *L. rionegroensis* por *L. staplini* lo que puede estar relacionada a que *L. rionegroensis* se encontró asociada a ambientes con altos niveles de evaporación (Cusminsky *et al.* 2005) y este pico de Ba/Ca esté relacionado a algún ingreso de agua dulce al sistema. En cambio a los 750 cm donde la sustitución es de *L. staplini* por *L. rionegroensis* estaría relacionado con el nivel de ceniza volcánica que se presenta en el mismo. En relación con las curvas de Mg/Ca y Sr/Ca la temperatura sería similar a la actual, con altos niveles de evaporación, lo cual coincide con la asociación de ostrácodos presente.

**Zona B (subzona 5)** Se desarrolla entre los 697 cm y los 358 cm (~16 ka) caracterizada por la presencia de *Limnocythere staplini* y *E. fontana* como especies dominantes, acompañado por *E. virgata* y *L. rionegroensis*.

Presenta dos niveles de tefras (690–672 cm y 652–640 cm) en la parte basal, relacionados con dos momentos de elevados valores de Ba/Ca, el primero antes del primer nivel de ceniza y el segundo luego del segundo nivel de ceniza. Los otros tres niveles con altos valores de Ba/Ca se relacionan con aumentos u aparición de *Alicenula* sp.

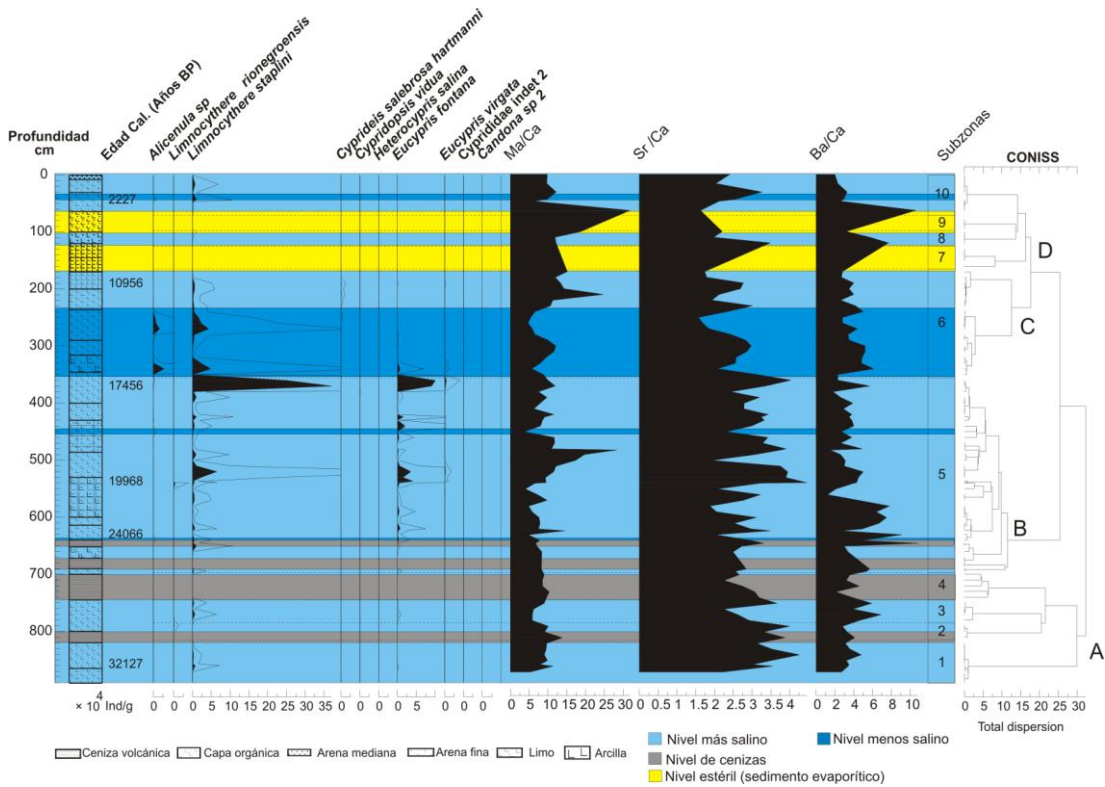
Caracterizando esta zona marcados cambios de temperatura y salinidad, por ejemplo a los 450 cm se produce una disminución de temperatura asociado a disminución de salinidad y a un ingreso de agua dulce al sistema determinado por la presencia de *Alicenula* sp.

**Zona C (subzona 6):** Se desarrolla entre los 358 cm y los 165 cm (~9 ka). Presenta dos claros momentos, en la zona basal (hasta los 230 cm) presenta dos ingresos de agua dulce dado por el aumento de Ba/Ca (340 cm, 310-300 cm). Toda esta zona presenta gran abundancia de *Alicenula* sp., asociada a bajos valores de Mg/Ca y Sr/Ca.

Luego se produce un gran aumento de Mg/Ca vinculado a altas temperaturas y salinidad (Sr/Ca) acompañados por especies afines a ambientes salinos como *Cyprideis salebrosa hartmanni*.

**Zona D (subzona 7 a 10):** Se desarrolla entre los 165 cm y los 0 cm. Se da una clara disminución en la riqueza específica de especies. Se desarrolla durante los últimos 9 ka,

donde hubo una alternancia de ambientes cálidos a muy cálidos (picos de Mg/Ca) con elevados niveles de evaporación evidenciado por la presencia de yeso y altos niveles de Sr/Ca, produciéndose una disminución del tamaño de la laguna. Luego de estos momentos estériles se producen picos de Ba/Ca denotando ingreso de agua dulce al sistema volviendo a desarrollarse la laguna somera, al final acompañada por valores similares a los actuales de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca.



**Figura 34.** Diagrama de abundancia de ostrácodos en base a la profundidad, se representaron sólo los taxa más abundantes junto a las curvas de Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca. La zonación y el cluster se realizaron sólo en base a los ostrácodos.

## Conclusiones Generales



## CONCLUSIONES GENERALES

Se han reconocido distintas etapas de la evolución paleoambiental de la laguna Llanquanelo a partir de las variaciones en las asociaciones de ostrácodos y del análisis de los elementos traza de sus valvas. Esta interpretación fue integrada con los cambios observados con eventos climáticos del Cuaternario tardío.

Se utilizó como patrón de referencia principal el estudio tanto de las asociaciones de ostrácodos que actualmente se registran en la cuenca como el estudio de los elementos traza de las valvas y del agua proveniente de los diferentes ambientes acuáticos analizados (laguna, bañados, arroyos).

- ✓ La riqueza específica del zooplancton fue escasa debido a que las condiciones ambientales que presentan los cuerpos de agua analizados permiten la presencia de pocas especies adaptadas. La mayoría de las especies presentes típicamente planctónicas son indicadoras de condiciones de salinidad elevada mientras que otras son estenotermas del frío. Debido a la someridad de los ambientes, en la columna de agua de todos los ambientes se registra la presencia de especies consideradas ticoplanctontes ya que provienen de comunidades asociadas a los sedimentos o la zona litoral.
- ✓ Las especies de carófitas *Chara halina* y *Lamprotamnium haesseliae* son especies indicadoras de alta salinidad y caracterizan a la laguna, mientras que *C. vulgaris*, típica de agua dulce, domina en los bañados, ríos y arroyos.
- ✓ El molusco *Heleobia parchappii* que es el único que puede sobrevivir a conductividad elevada es el que caracteriza a la laguna Llanquanelo. Por su parte, *Physa acuta* es una especie exótica que se ha adaptado a los ambientes de agua dulce (bañados, ríos y arroyos) y es la dominante entre los moluscos.
- ✓ En la Cuenca Llanquanelo los tres tipos de ambientes actuales (bañados, arroyos, el río Malargüe y la laguna Llanquanelo) presentan cada uno asociaciones de ostrácodos característicos.

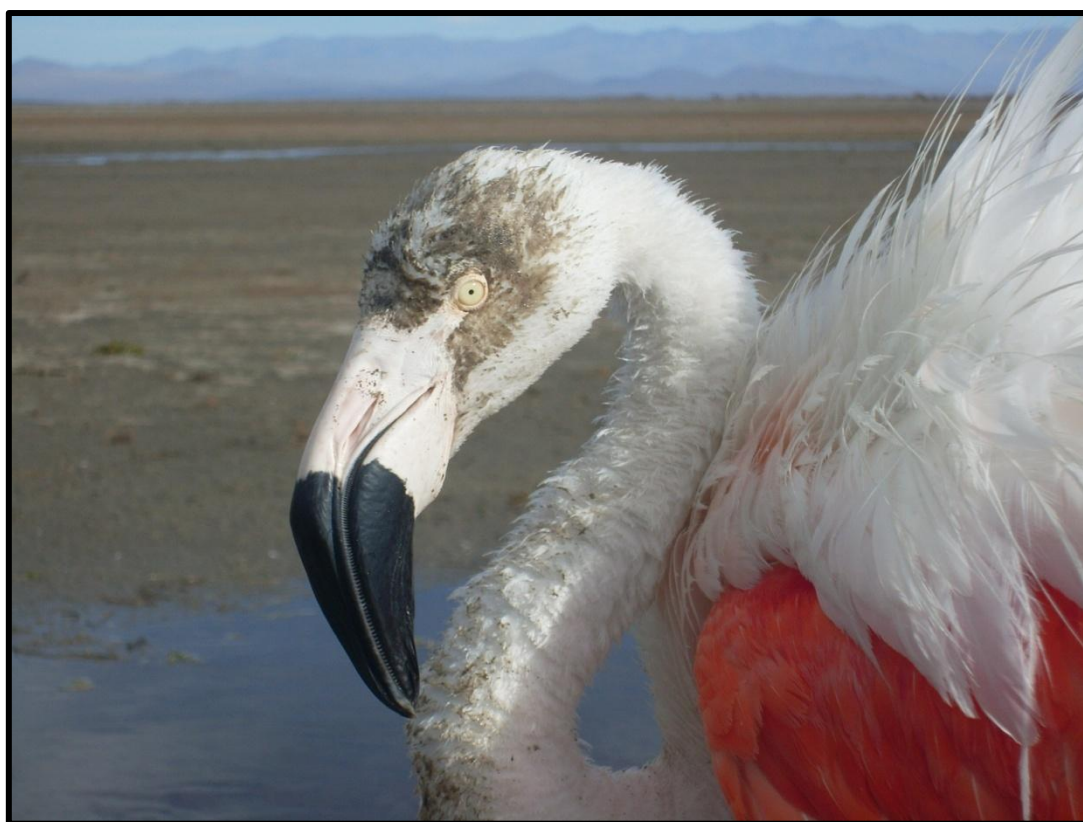
- *Limnocythere staplini* es la única especie que logró desarrollar una población abundante en todo los sectores de la laguna y en general en todas las estaciones climáticas. Esta especie, cuya mayor abundancia se registró en la laguna (un 80% de su abundancia total de la cuenca) podría considerarse indicadora de condiciones salinas.
  - *Darwinula stevensoni*, *Alicenula* sp., *Heterocypris incongruens*, *Chlamydotheca arcuata*, *Chlamydotheca* sp<sub>1</sub>, *Chlamydotecta* sp<sub>2</sub> y *Potamocypris smaragdina* son especies abundantes y casi exclusivas de los bañados, indicando su gran afinidad por el agua dulce y a ambientes lénticos, pudiéndose considerarse buenas indicadoras de estas condiciones.
  - *Ilyocypris ramirezi* y Cyprididae indet<sub>1</sub> son taxones que se encontraron en mayor porcentaje o exclusivamente en los arroyos y el delta del río Malargüe, presentando afinidad por el agua dulce y a la presencia de corriente.
- ✓ La laguna actualmente se encuentra en un sistema árido de baja precipitación, donde domina la evaporación, lo que conlleva a una alta salinidad y una fisonomía de laguna somera.
  - ✓ En los testigos analizados, *Limnocythere staplini* y una especie de *Alicenula* son los ostrácodos que caracterizan condiciones contrapuestas de la laguna.
  - ✓ Luego de los análisis de las asociaciones de ostrácodos (Capítulo 4) y de los análisis de los elementos trazas (Capítulo 5) apoyado por el análisis de RDA efectuado con la fauna actual y parámetros ambientales que inciden en su distribución se puede concluir que aunque hubo momentos de ingreso de agua dulce al sistema (indicado por el aumento de Ba/Ca y/o incremento en la abundancia de *Alicenula* sp.) nunca fue una laguna profunda. Si en alguna oportunidad se produjo un descenso de grandes volúmenes de agua desde la cordillera sólo ampliaron el tamaño de la laguna. Se considera que el volumen de agua que se acumuló en la laguna no fue suficiente como para transformarla en un lago “profundo”.
  - ✓ La síntesis de los resultados obtenidos del análisis de los elementos traza y las asociaciones de ostrácodos permiten establecer conexiones con cambios climáticos del Cuaternario. La laguna tuvo en varias oportunidades condiciones de salinidad similares a las actuales aunque

se puede inferir que en otros momentos fueron superiores. También se pudo constatar que en otras ocasiones la laguna mostraba diferencias espaciales de la salinidad vinculada al ingreso de agua dulce por afluentes mientras que en otras toda la laguna se presentaba menos salina.

- Pleistoceno tardío:
  - ~32ka - ~24ka la temperatura habría sido similar a la actual, clima semiárido este momento podría relacionarse al interstadial (Piso isotópico 3) comparable a las que fueron determinadas entre los 33 y 24,5ka en base a estudios palinológicos en sedimentos lacustres en Mendoza (Coronato & Rabassa 2007) y a los estudios de moluscos en sedimentos de La Bomba, arroyo la Estacada, Mendoza (De Francesco *et al.* 2007). Este intervalo de tiempo estuvo sujeto a por lo menos cuatro eventos volcánicos, con un ascenso momentáneo de temperatura al final del mismo. Aunque la laguna se presenta somera y salina se ven cuatro claros momentos de aumentos de Ba/Ca determinando ingresos de agua dulce, dos de los cuales se producen antes de los niveles de ceniza y el último se produce luego del nivel de tefras por lo que podría estar relacionada a ésta.
  - Entre los ~24ka - ~19ka se habría producido una disminución de la temperatura, debido a la máxima expansión de los glaciares (LGM). En la base de este período se observa el posible ingreso de agua dulce a la laguna relacionado a la presencia de *Alicenula* sp. La laguna es somera, el clima más frío evita la evaporación disminuyendo la salinidad y se observa una disminución de Ba/Ca por lo que se detuvo el ingreso de agua dulce al sistema.
  - Entre los ~19 – 18ka se habría producido un aumento de temperatura, siendo mayor al actual señalando un clima cálido y árido que conllevó a altos niveles de evaporación en la laguna somera.
  - Entre los ~17,5ka - ~12ka se infiere el descenso de temperatura, mostrando los valores más bajos a lo largo del testigo, registrándose tres ingresos de agua dulce al sistema, relacionados a la presencia de especies de agua dulce y a la gran abundancia de los ostrácodos en este período. Este periodo fue más frío y menos árido (húmedo??).
- Pleistoceno tardío -Holoceno temprano y medio

- Entre los ~12ka - ~4ka se produce un aumento de la temperatura mayor al actual, indicado por altos niveles de evaporación que llegan a su máximo entre los 9ka-7ka y entre los 6ka-4ka donde sólo se encuentran sedimentos evaporíticos (yeso). Luego de estos dos momentos se evidencia un pico de Ba/Ca relacionado al ingreso de agua a la laguna. Este período se caracterizaría por su extrema aridez coincidiendo con lo propuesto por Paez *et al.* (2010).
  - Entre los ~4ka – 2ka la temperatura disminuye, al igual que la salinidad de la laguna, presentando nuevamente una laguna somera, relacionada a un ambiente menos árido y menos cálido.
  - Los últimos 2ka se habría dado una disminución de temperaturas a rangos similares a las actuales, la laguna es somera y salina, indicando un período de desecación.
- ✓ No puede confirmarse la existencia del paleolago planteado por Groeber (1939), del que hoy en día la laguna Llanquanelo sería su remanente. Este autor sugiere que el paleolago se extendería hasta el río Atuel donde se han encontrado estratos lacustres (Núñez, 1976). Tomando en consideración que el arroyo Malo es un efluente del río Salado (con origen en la zona de la Junta) y que el arroyo Mocho parecería pertenecer al mismo sistema del Salado pero con sus nacientes en el tramo de cabeceras del Salado se puede presuponer que en momentos de cota máxima de la laguna (~24ka y ~16ka-~13ka) todo el “bajo de Llanquanelo” podría haberse ocupado. En la evolución de la laguna sólo se consideró la cota máxima ya que no se extrajeron testigos al norte de la misma, los que podrían haber indicado cuál fue su extensión. Debido a esta carencia de información, la interpretación se basó únicamente en su cota máxima registrada en los sedimentos más recientes y tomando la configuración de la actual cuenca Llanquanelo como modelo. En un futuro, para poder confirmar o corroborar la existencia y extensión del paleolago será necesario la realización de estudios de las asociaciones de ostrácodos en sectores alejados de la laguna Llanquanelo, como por ejemplo, en la zona de la Junta, en el río Atuel y más al norte, en las salinas del Diamante.
- ✓ Se considera que estos resultados pueden ser de utilidad para futuras investigaciones que se realicen en el área, tomando en consideración ciertos recaudos como establecer previamente los posibles ingresos de agua al sistema y la posible aplicación o no de algunos elementos traza.

## Bibliografía





**Bibliografía**

- Acosta F, M Cadima & M Maldonado. 2003. Patrones espaciales de la comunidad planctónica lacustre en un gradiente geofísico y bioclimático en Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología*, 13: 31 – 53.
- Agilent Technologies. 2005. Agilent 7500 ICP-MS ChemStation (G1834B) Operator's Manual, 659 pp.
- Agilent Technologies. 2008. Agilent 7500 Series ICP-MS. Hardware Manual, 333 pp.
- Anselmetti FS, Ariztegui D, De Batist M, Gebhardt AC, Haberzettl T, Niessen F, Ohlendorf C & B Zolitschka. 2009. Environmental history of southern Patagonia unravelled by the seismic stratigraphy of Laguna Potrok Aike. *Sedimentology*, 56: 873–892
- APHA (American Public Health Association). 1995. Standard Methods for the Examination of Waters and Wastewaters, 19th edition. (APHA/AWWA/WPCF; Washington, DC).
- Baltanás A, C Montes & P Martino. 1990. Distribution patterns of ostracodes in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors. *Hydrobiologia*, 197:207–220.
- Bayly IAE. 1992. Fusion of the genera *Boeckella* and *Pseudoboeckella* (Copepoda) and revision of their species from South America and sub-Antartic islands. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65: 17 – 63.
- Bennett KD. 2006. Documentation for psimpoll 4.25 and pscomb 1.03. C programs for plotting pollen diagrams and analysing pollen data. Quaternary Geology, Department of Earth Sciences Uppsala Universitet Villavägen 16 SE-752 36 Uppsala Sweden.
- Benson RH, JM Berdan, WA Van Den Bold, T Hanai, I Hessland, HV Howe, RV Kesling, SA Levinson, RA Reymont, RC Moore, HW Scott, RH Shaver, IG Sohn, LE Stover, FM Swain, PC Sylvester-Bradley & J Wainwright. 1961. Part Q: Arthropoda 3, Crustacea Ostracoda. En: *Treatise on Invertebrate Paleontology*. RC Moore (Ed.). Geological Society of America and University of Kansas Press. 442 pp.
- Beres M, A Gilli, D Ariztegui & FS Anselmetti. 2008. The Lago Cardiel Basin, Argentina (49°S): Origin and evolution revealed by high-resolution multichannel seismic reflection studies. *Journal of South American Earth Sciences*, 25: 74–85
- Bermúdez A & D Delpino. 1989. La Provincia Basáltica Andino – Cuyana (35 – 37 L.S.). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, XLIV (1 – 4): 35 – 55.

- Bertels A & D Martínez. 1990. Quaternary ostracods of continental and transitional littoral shallow marine environments. Courier Forschungsinstitut. Senckenberg, 123: 141–159.
- Bertels A, & D Martínez. 1997. Ostrácodos holocenos de la desembocadura del Arroyo Napostá Grande, sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Española de Micropaleontología, 29: 29-69.
- Blaauw M. 2010. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. Quaternary Geochronology, 5: 512-518
- Boomer I, DJ Horne & IJ Slipper. 2003. The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell? Paleontological Society Papers, 9: 153 – 180.
- Brasier MD. 1980. Microfossils. Ed. G. Allen y Unwin. 193 pp.
- Bruniard ED. 1982. La diagonal árida argentina: un límite climático real. Revista Geográfica, 95: 5-20.
- Cáceres EJ. 1978. Contribución al conocimiento de los carófitos del centro de Argentina. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba, 52: 315-372.
- Cáceres EJ & A García. 1989. *Nitella hyalina* (DC.) Ag. (Characeae, Charophyta) in Argentina. Nova Hedwigia, 48: 383-390.
- Cadot HM & RL Kaesler. 1977. Magnesium content of calcite in carapaces of benthic marine Ostracoda. University of Kansas Paleontological Contributions, 87: 1-23.
- Caracterización ecológica de los ríos del departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina. 2011. Informe de avance (Campañas: invierno 2009, otoño e invierno 2010). 38 pp.
- Cátedra de obras hidráulicas, Cátedra de Ingeniería Ambiental. 2005. Estudios hidrológicos y ambientales – Laguna Llanquanelo – Mendoza. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. 129 pp.
- Chivas AR, P De Deckker & JMG Shelley. 1983. Magnesium, strontium and barium partitioning in nonmarine ostracode shells and their use in paleoenvironmental reconstructions- a preliminary study: 238-249. En Applications of Ostracoda. RF Maddocks (Ed.). University Huston Geosciences, 313 pp.
- Chivas AR, P De Deckker & JMG Shelley. 1985. Strontium content of ostracods indicates lacustrine palaeosalinity. Nature, 316: 251-253.

- Chivas AR, P De Deckker & JMG Shelley. 1986a. Magnesium and strontium in non-marine ostracod shells as indicators of palaeosalinity and palaeotemperature. *Hydrobiologia*, 143: 135-142.
- Chivas AR, P De Deckker & JMG Shelley. 1986b. Magnesium content of non-marine ostracod shells: a new palaeosalinometer and palaeothermometer. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 54: 43-61.
- Chivas AR, A Garcia, S van der Kaars, MJJ Couapel, S Holt, JM Reeves, DJ Wheeler, AD Switzer, CV Murray-Wallace, D Banerjee, DM Price, SX Wang, G Pearson, NT Edgard, L Beaufort, P De Deckker, E Lawson & CB Cecil. 2001. Sea-level and environmental changes since the last interglacial in the Gulf of Carpentaria, Australia: an overview. *Quaternary International*, 83–85: 19–46.
- Ciocco, NF & EE Scheibler. 2008. Malacofauna of the littoral benthos of a saline lake in southern Mendoza, Argentina. *Fundamental and Applied Limnology*, 172: 87–98.
- Coffey M, F Dehairs, O Collette, G Lutherc, T Church & T. Jickells. 1997. The Behaviour of Dissolved Barium in Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45: 113–121.
- Cohen AS. 2003. *Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems*. Oxford University Press, 500 pp.
- Connolly P. 2011. *Palaeoenvironmental Reconstruction of Lake Llanquihue, Southern Mendoza, Argentina*. BSc Honours thesis. University of Wollongong. 138 pp.
- Coronato A & J Rabassa. 2007. Late Quaternary in South America. En: *Encyclopedia of Quaternary Science*. Vol 2: 1101-1109. SA Elias (Ed.). Elsevier. 3576 pp.
- Curtis JH & DA Hodell. 1993. An isotopic and trace element study of ostracods from Lake Miragoane, Haiti: A 10.500 year record of paleosalinity and paleotemperature changes in the Caribbean. En: *Climate Changes in Continental Isotopic Records*. PK Swart, KC Lohmann, J McKenzie & S Savin (Eds.). American Geophysical Union. *Geophysical Monograph*, 78: 135-152.
- Cusminsky G, A García & R Herbst. 2006a. Ostrácodos (Crustacea, Ostracoda) y carófitos (Chlorophyta, Charales) de la Formación Desencuentro (Mioceno superior), provincia de La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, 43: 327-338.
- Cusminsky GC, D Martínez, & E Bernasconi. 2006b. Foraminíferos y ostrácodos de sedimentos recientes del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *Revista española de micropaleontología*, 38: 395-410.

- Cusminsky GC, PA Pérez, A Schwalb, & R Whatley. 2005. Recent lacustrine ostracods from Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, 37: 431-450.
- Cusminsky GC, A Schwalb, PA Pérez, D Pineda, F Viehberg, RC Whatley, V Markgraf, A Gilli, D Ariztegui & FS Anselmetti. 2011. Late quaternary environmental changes in Patagonia as inferred from lacustrine fossil and extant ostracods. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103: 397–408.
- Cusminsky GC & R Whatley. 1996. Quaternary non-marine ostracods from lake beds in northern Patagonia. *Revista Española de Paleontología*, 11: 143– 154.
- D'Ambrosio S, A García, A Chivas & MC Claps. 2012a. Palaeoenvironmental record of Laguna Llananelo, Argentina, since the Late Pleistocene. 34th International Geological Congress, Brisbane, Australia.
- D'Ambrosio S, Garcia A, & MC Claps. 2012b. Charophyte and ostracod distribution in Laguna Llananelo catchment and their ecological characterization. IRGC – 6 Symposium, Mendoza, Argentina.
- De Deckker P. 1981. Ostracods of athalassic saline lakes. A review. *Hydrobiologia*, 81:131-144.
- De Deckker P, AR Chivas, JMG Shelley & T Torgersen. 1988. Ostracod shell chemistry: a new palaeoenvironmental indicator applied to a regressive/transgressive record from the Gulf of Carpentaria, Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 66: 231-241.
- De Deckker P, AR Chivas & JMG Shelley. 1999. Uptake of Mg and Sr in the euryhaline ostracod *Cyprideis* determined from in vitro experiments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*. 148: 105-116.
- De Francesco CG. 2010. Moluscos y paleoambientes del centro-oeste de Argentina durante el Cuaternario: 151 – 174. En: Zarate, M.; Gil A. y G Neme. (compiladores) *Condiciones paleoambientales y ocupaciones humanas durante la transición Pleistoceno-Holoceno y Holoceno de Mendoza*. Publicaciones de la Sociedad Argentina de Antropología, 333 pp.
- De Francesco CG, & GS Hassan. 2009. The significance of molluscs as paleoecological indicators of freshwater systems in central-western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 274: 105-113.

- De Los Ríos P & P Contreras. 2005. Salinity level and occurrence of Centropagid copepods (Crustacea, Copepoda, Calanoida) In shallow lakes in Andes mountains and Patagonian plains, Chile. *Polish Journal of Ecology*, 53: 445–450.
- De Los Ríos P & J Crespo. 2004. Salinity effects on the abundance of *Boeckella poopoensis* (Copepoda, Calanoida) in saline ponds in the Atacama Desert, Northern Chile. *Crustaceana*, 77: 417-423.
- De Los Ríos P, R Rivera & JJ Morrone. 2010. Calanoids (Crustacea: Copepoda) Reported for Chilean inland waters. *Boletín de Biodiversidad de Chile*, 3: 9-23.
- Dessanti RN. 1978. Descripción Geológica de la Hoja 28b Malargüe. Provincia de Mendoza. Carta Geológica – económica de la República Argentina. 1:200000. 50 pp.
- Díaz AR & EC Lopretto. 2011. The genus *Chlamydotheca* Saussure (Crustacea: Ostracoda) in northeastern Argentina. *Nauplius*, 19: 97-107.
- Dussart B & D Defaye. 2006. World Directory of Crustacea Copepoda of Inland Waters. II - Cyclopiformes. Backhuys Publishers, Leiden. 354 pp.
- Dwyer GS, TM Cronin & PA Baker. 2002. Trace elements in marine ostracodes. 205-224p. En: *The Ostracoda, Applications in Quaternary Research*. JA Holmes & AR Chivas (Eds.). Geophysical monograph 131. American Geophysical Union, Washington, DC. 313pp.
- Espizua LE. 2005. Holocene glacier chronology of Valenzuela Valley, Mendoza Andes, Argentina. *The Holocene*, 15: 1079-1085.
- Espizua LE & P Pitte. 2009. The Little Ice Age glacier advanced in the Central Andes (35°S), Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 281: 345-350.
- Ferrero L. 1996. Paleoecología de ostrácodos holocenos del estuario del río Quequén Grande (provincia de Buenos Aires). *Ameghiniana*, 32: 209-222.
- Forester RM. 1986. Determination of the dissolved anion composition of ancient lakes from fossil ostracods. *Geology*, 14: 796 – 799.
- Gandolfi A, EB Akon Todeschi, K Van Doninck, V Rossi & P Menozzi. 2001. Salinity tolerance of *Darwinula stevensoni* (Crustacea, Ostracoda). *Italian Journal of Zoology*, 68: 61-67.
- García A. 1993 *Chara halina* nov. sp. (Charophyta) de ambientes salinos de Argentina. *Cryptogamie Algology*, 14: 65-75.

- García A. 1994. Charophyta: their use in paleolimnology. *Journal of Paleolimnology*, 10: 43-52.
- García A. 1996. Charophyta y ostrácoda asociados de cuatro localidades Holocenas de Argentina: evidencias paleoambientales. *Ameghiniana*, 33: 409-420.
- García A. 1999. Quaternary charophytes from Salina del Bebedero, Argentina: their relation with extant taxa and palaeolimnological significance. *Journal of Paleolimnology*, 21: 307-323.
- González MZ & NI Maidana. 1998. Post-Wisconsinian paleoenvironments at Salinas del Bebedero basin, San Luis, Argentina. *Journal of Paleolimnology*, 20: 353-368.
- González MA, Musacchio EA, García A, Pascual R & AR Corte. 1981. Las líneas de costa Pleistocenas de la salina del Bebedero (San Luis, Argentina). Implicancias paleoambientales de sus microfósiles. VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis. Actas III: 617-628.
- Greaves M, N Caillon, H Rebaubier, G Bartoli, S Bohaty, I Cacho, L Clarke, M Cooper, C Daunt, M Delaney, P deMenocal, A Dutton & S Eggins. 2008. Interlaboratory comparison study of calibration standard for foraminiferal Mg/Ca thermometry. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9: 1-27.
- Groeber, P. 1939. Mapa geológico de Mendoza. 2<sup>da</sup> Reunión Ciencias Naturales (Mendoza). *Physis XIV (46)*: 171 – 220.
- Gutentag ED & RH Benson. 1962. Neogene (Plio-Pleistocene) Fresh-water Ostracodes from the Central High Plains. *Kansas Geological Survey Bulletin*, 157, part 4. 60 pp.
- Hall JM. 2002. Barium and lithium in Foraminifera: glacial-interglacial changes in the north Atlantic. Ph.D. thesis Louisiana State University. 131 pp.
- Hammer UT. 1986. Saline Lake ecosystems of the world. Dr. W Junk Publ., 616 pp.
- Haslett SK. 2002-Quaternary Environmental Micropalaeontology, 340 pp.
- Hassan GS, CG De Francesco & S Dieguez. 2012. The significance of modern diatoms as paleoenvironmental indicators along an altitudinal gradient in the Andean piedmont of central Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 369: 349 – 360.
- Havach SM, GT Chandler, A Wilson-Finelli & TJ Shaw. 2001. Experimental determination of trace element partition coefficients in cultured benthic Foraminifera. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65: 1277-1283.

- Hernández J & N Martinis. (s/f) Particularidades de las cuencas hidrogeológicas explotadas con fines de riego en la Provincia de Mendoza. Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino, Mendoza.
- Higuti J, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, Pinto RL, Vieira LCG & K Martens. 2009. Composition and distribution of Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda) in the alluvial valley of the upper Paraná River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69: 253-262.
- Higuti J, LF Machado Velho, FA Lansac-Toha & K Martens. 2007. Pleuston communities are buffered from regional flood pulses: the example of ostracods in the Parana´ River floodplain, Brazil. *Freshwater Biology*, 52: 1930–1943.
- Holmes JA & AR Chivas. 2002. Ostracod shell chemistry – overview. En: *The Ostracoda Applications in Quaternary Research*. JA Holmes & AR Chivas (Eds.). American Geophysical Union. *Geophysical Monograph*. 131: 185-204.
- Hönisch B, Ridgwell A, Schmidt DN, Thomas E, Gibbs SJ, A Sluijs, RE Zeebe, L Kump, RC Martindale, SE Greene, W Kiessling, J Ries, J Zachos, DL Royer, S Barker, TM Marchitto, R Moyer, C Pelejero, P Ziveri & GL Foster. 2012. The Geological Record of Ocean Acidification. *Science*, 335:1058
- Horne DJ, A Baltanás & G Paris. 1998. [Chapter 5] Geographical distribution of reproductive modes in living non-marine ostracods, 77-99. En: *Sex and parthenogenesis. Evolutionary ecology of reproductive modes in non-marine ostracods*. K Martens (Ed.). Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Horne DJ, A Cohen, K Martens. 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. (American Geophysical Union, Washington DC). *Biology, Taxonomy and Identification Techniques*: 5-36.
- Isla FI, E Ruiz Barlett; J Márquez & A Urrutia. 2005. ENSO signal recognized by NDVI images from Llanquanelo Shallow lake, Mendoza, Argentina, *Actas XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata, IV*: 333-338.
- Ito E. 2001. Application of stable isotope techniques to inorganic and biogenic carbonates, 351- 371p. En: WM Last & JP.Smol (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Physical and Geochemical Methods*, vol. 2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 504 pp.
- Kahl A. (1930–1935) *Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) eine Bearbeitung der freilebenden und ectocommensalen Infusorien der Erde, unter*

- Ausschluss der marinen Tintinnidae. En: Die Tierwelt Deutschlands (Ed. F. Dahl). G. Fischer, Jena, 866 pp.
- Karanovic I. 2012. Recent Freshwater Ostracods of the World. Crustacea, Ostracoda, Podocopida. Springer. 608 pp.
- Keatings KW, JA Holmes & THE Heaton. 2006. Effects of pre-treatment on ostracod valve chemistry. *Chemical Geology*. 235: 250 – 261.
- Keen MC. 1977. Cenozoic Ostracoda – North Atlantic. En: Stratigraphic micropaleontology of Atlantic basin and borderlands. FM Swain (Ed). *Developments in Palaeontology and Stratigraphy*. Elsevier, Amsterdam, 6:467–493 p.
- Koste W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Bestimmungswerk begründet von Max Voigt. Borntraeger: Berlin, Stuttgart. 673 pp.
- Kotzian SCB. 1974. New fresh-water ostracodes of the genus *Chlamydotheca* from Brazil. Ecology, geographic distribution and stratigraphical position. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 46: 423-467.
- Kozłowski EE, R Manceda & V Ramos. 1993. Estructura: 235-256. En VA Ramos (ed.): *Relatorio Geología y Recursos Naturales de Mendoza, 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Buenos Aires)*.
- Külköylüoğlu O. 2003. Ecology of freshwater Ostracoda (Crustacea) from lakes and reservoirs in Bolu, Turkey. *Journal of freshwater ecology*, 18: 343-347.
- Külköylüoğlu O & GL Vinyard. 2000. Distribution and ecology of freshwater Ostracoda (Crustacea) collected from springs of Nevada, Idaho, and Oregon: a preliminary study. *Western North American Naturalist*, 60: 291–303.
- Laprida C. 2006. Ostrácodos recientes de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina: ecología e implicancias paleolimnológicas. *Ameghiniana*, 43:181-204.
- Laprida C & S Ballent. 2008. Ostracoda. Capítulo 21: 599-624. En: *Los Invertebrados Fósiles*. Camacho HH. & MI. Longobucco (Eds).
- Laprida C & G Cusminsky. 2007. Ostrácodos del Cenozoico: 221-235. En: *Invertebrados del Cenozoico de la Argentina*. Del Rio CJ, HH Camacho, M Aguirre, A Caramés, G Cusminsky, C De Francesco, E Farinati, S Gordillo, C Laprida, S Miquel & S Morton. *Ameghiniana, Publicación Especial* 11.
- Laprida C, A Díaz & N Ratto. 2006. Ostracods (Crustacea) from thermal waters, southern Altiplano, Argentina. *Micropaleontology*, 52: 177-188.



- Laprida C, MJ Orgeira & N García Chaporí. 2009. El registro de la pequeña edad de hielo en lagunas pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 65: 603–611.
- Laprida C & B Valero-Garcés. 2009. Cambios ambientales de épocas históricas en la pampa bonaerense en base a ostrácodos: historia hidrológica de la laguna de Chascomús. *Ameghiniana*, 46: 95–111.
- Last WM & JP Smol 2001. An introduction to basin analysis, coring, and chronological techniques used in paleolimnology. Vol 1: 1-5. En: *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume I: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques*. WM Last & JP Smol (Eds.) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 548 pp.
- Lea D & E Boyle. 1989. Barium content of benthic foraminifera controlled by bottom-water composition. *Nature*, 338: 751-753
- Lea DW & HJ Spero. 1992. Experimental verification of barium uptake in individual shells of the planktonic foraminifera *Orbulina universa*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56: 2673-2680.
- Lea DW & HJ Spero. 1994. Assessing the Reliability of Paleochemical Tracers: Barium Uptake in the Shells of Planktonic Foraminifera. *Paleoceanography*, 9: 445 – 452.
- Liberto R, F Mesquita-Joanes & I César. 2012. Dynamics of pleustonic ostracod populations in small ponds on the Island of Martín García (Río de la Plata, Argentina). *Hydrobiología*, 688:47–61.
- Locascio de Mitrovich, C. Villagra de Gamundi, A., Juárez, J. & M Ceraol. 2005. Características limnológicas y zooplancton de cinco lagunas de la Puna – Argentina. *Ecología en Bolivia*, 40: 10-24.
- Maddocks RF. 1992. Ostracoda: 415-441. En: *Microscopic anatomy of invertebrates*. Vol. 9: Crustacea. Harrison FW & AG Humes (Eds). Wiley-Liss, New York,
- Manzur, A. 2005. Aspectos Físicos. Capítulo 2: 42 – 61. En: *Curso para guías turísticos de la Reserva Laguna de Llanquanelo*, 168 pp.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, España. 1010 pp.
- Markgraf V, JP Bradbury, A Schwalb, SJ Burns, C Stern, D Ariztegui, A Gilli, FS Anselmetti, S Stine & N Maidana. 2003. Holocene palaeoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene*, 13: 581–591.

- Markgraf V, C Whitlock, RS Anderson, & A García. 2008. Late Quaternary vegetation and fire history in the northernmost *Nothofagus* forest region: Mallín Vaca Lauquen, Neuquén Province, Argentina. *Journal of Quaternary Science*, 24: 248–258.
- Martens K, & F Behen. 1994. A checklist of the recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. *Travaux Scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg*, 22: 1-81.
- Martens K & DJ Horne. 2009. Ostracoda: 405-414. En: G Likens (Ed.). *Encyclopedia of Inland Waters*. Elsevier.
- Martens K, & G Rossetti. 2002. On the Darwinulidae (Crustacea: Ostracoda) from Oceania. *Invertebrate Systematics*, 16: 195-208.
- Martens K, G Rossetti & R Fuhrmann. 1997. Pleistocene and Recent species of the Family Darwinulidae Brady & Norman, 1889 (Crustacea, Ostracoda) in Europe. *Hydrobiologia*, 357: 99-116.
- Martens K & S Savatnalinton. 2011. A subjective checklist of the Recent, free-living, non-marine Ostracoda (Crustacea). *Zootaxa*, 2855:1–79.
- Martens K, I Schon, C Meisch & DJ Horne. 2008. Global biodiversity of non-marine Ostracoda (Crustacea). *Hydrobiologia*, 599:185-193.
- Martínez DE. 2005. Asociaciones de ostrácodos modernos del estuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*, 42: 669-684.
- Martínez Carretero E. 2004. Provincia Fitogeográfica de la Payunia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 39: 195 – 226.
- Martínez M, C Darrieu & G Soave. 1997. The avifauna of Laguna Llanquanelo (Mendoza, Argentina), a South American wetland of international importance. *Freshwater forum, freshwater biological association*, 9: 35 – 45.
- McCormac FG, AG Hogg, PG Blackwell, CE Buck, TFG Higham, PJ Reimer. 2004. SHCAL04 Southern Hemisphere Calibration, 0–11.0 CAL KYR BP. *Radiocarbon*, 46: 1087–1092.
- McCurdy E, G Woods & D Potter. 2006. Unmatched Removal of Spectral Interferences in ICP-MS Using the Agilent Octopole Reaction System with Helium Collision Mode ([www.agilent.com/chem](http://www.agilent.com/chem)).
- Meisch C. 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. En: J Schwoerbel & P Zwick (Eds.) *Süßwasserfauna von Mitteleuropa*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin. 522 pp.

- Menu-Marque SA, JJ Morrone & C Locascio de Mitrovich. 2000. Distributional patterns of the South American species of the genus *Boeckella*: A track analysis. *Journal of Crustacean Biology*, 20: 262-272.
- Mezquita F, R Hernandez & J Rueda. 1997. Ecology and distribution of ostracods in a polluted Mediterranean river. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 87–103.
- Moguilevsky, A. & R. C. Whatley. 1995. Crustacea Ostracoda: 937-999. En: *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio. Tomo III*. Eds: Lopretto EC & G Tell. Ediciones Sur, La Plata.
- Mourguiart P & P Carbonel. 1994. A quantitative method of palaeolake-level reconstruction using ostracod assemblages: an example from the Bolivian Altiplano. *Hydrobiologia*, 288: 183-193.
- Mourguiart Ph, T Corrège, D Wirrmann, J Argollo, ME Montenegro, M Pourchet & P Carbonel. 1998. Holocene palaeohydrology of Lake Titicaca estimated from an ostracod-based transfer function. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 143: 51–72.
- Navarro D, A Mehl, MA Zarate & MM Paez. 2010. Mid-late Holocene environments of Agua Buena locality (34°50'S; 69°56'W), Mendoza, Argentina. *IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science* 9. doi:10.1088/1755-1315/9/1/012014
- Navarro D, LD Rojo, C De Francesco & G Hassan. 2012. Paleoeología y reconstrucciones paleoambientales en Mendoza durante el Holoceno: 17-56. En: *Paleoecología humana en el sur de Mendoza: Perspectivas*. G. Neme & A. Gil (Eds.). *Arqueológicas. Sociedad Argentina de Antropología*.
- Nullo FE, G Stephens, A Combina, L Dimieri; P Baldauf & P Bouza. 2005. Hoja Geológica 3569-III / 3572-IV Malargüe, Provincia de Mendoza. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la Republica Argentina. 1:250.000 SEGEMAR, 85 pp.
- Núñez E. 1976. Descripción geológica de la Hoja 28 c El Nihuil – Provincia de Mendoza. 1:2.500.000 Informe inédito. 25 pp.
- Ornellas LP & N Würdig. 1983. *Cyprideis salebrosa hartmanni* Ramírez, F. 1967. A new subspecies from Brazil and Argentina. *Pesquisas*, 15: 94-112.

- Ostera HA & C Dapeña. 2003. Environmental isotopes and geochemistry of bañado Carilauquen, Mendoza, Argentina. Short Papers – IV South American Symposium on Isotope Geology: 461–464.
- Paez MM, D Navarro, LD Rojo & A Guerci. 2010. Vegetación y paleoambientes durante el Holoceno: 175–212. En: Paleoambientes y ocupaciones humanas del centro-oeste de Argentina durante la transición Pleistoceno-Holoceno y Holoceno.: Zárata M, A Gil & G Neme (Eds.). Sociedad Argentina de Antropología, Buenos Aires.
- Paggi JC. 1995. Crustacea Cladocera: 909-951. En: Ecosistemas de Aguas Continentales. Metodología para su Estudio. E. Lopretto & G. Tell (Eds.) Ediciones Sur, La Plata.
- Palacios-Fest M. 1996. Geoquímica de la concha de ostrácodos (*Limnocythere staplini*) un método de regresión múltiple como indicador paleoclimático. GEOS, 16:130–136.
- Palacios-Fest M, AS Cohen & P Anadón. 1994. Use of ostracodes as paleoenvironmental tools in the interpretation of ancient lacustrine records. Revista Española de Paleontología, 9:145–164.
- Palacios Fest MR, AS Cohen, J Ruiz & B Blank. 1993 Comparative Paleoclimatic Interpretations from Non marine Ostracodes Using Faunal Assemblages, Trace Elements Shell Chemistry and Stable Isotope Data. En: Climate Change in Continental Isotopic Records. Geophysical Monograph, 78: 179-190.
- Palacios–Fest MR & DL Dettman. 2001. Temperature controls monthly variation in Ostracode valve Mg/Ca: *Cypridopsis vidua* from a small lake in Sonora, Mexico. Geochimica et Cosmochimica Acta, 65: 2499–2507.
- Peralta P & V Fuentes. 2005. Fitobentos, fitoplancton y zooplancton litoral del bañado de Carilauquen, Cuenca de Llanquanelo, Mendoza, Argentina. Limnetica, 24: 183–198.
- Pinto RL, CEF Rocha & K Martens. 2005. On new terrestrial ostracods (Crustacea, Ostracoda) from Brazil, primarily from São Paulo State. Zoological Journal of the Linnean Society, 145: 145–173.
- Piovano EL, D Ariztegui & M Cioccale. 2006. Reconstrucciones paleolimnológicas desde el Ultimo Máximo Glacial en el sur de Sudamérica: Megasistemas en antifase hidrológica. III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, II: 659–669.
- Piovano EL, D Ariztegui, F Córdoba, M Cioccale & F Sylvestre. 2009. Chapter 14 Hydrological Variability in South America Below the Tropic of Capricorn (Pampas and Patagonia, Argentina) During the Last 13.0 Ka: 323-351. En: Past Climate Variability in South

- America and Surrounding Regions, Developments in Paleoenvironmental Research 14. F Vimeux, F Sylvestre & M. Khodri (Eds). Springer.
- Plan estratégico Malargüe. Caracterización ecológica de los ríos del departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina. (Río Atuel, Salado, Malargüe, Grande, Barrancas y Colorado). Informe de avance (Campañas: invierno 2009, otoño e invierno 2010). 38 pp.
- Plan de Manejo participativo. 2003 – 2007. Capítulo 2: Descripción. Reserva provincial Laguna Llanquanelo: 26 – 67. 402 pp.
- Plan de Manejo participativo. 2003 – 2007. Capítulo 5: Zonificación ecológica. Reserva provincial Laguna Llanquanelo: 247 – 272. 402 pp.
- Plan de Manejo participativo. 2003 – 2007. Capítulo 7: Aspectos relacionados con la estacionalidad. Reserva provincial Laguna Llanquanelo: 279 – 328. 402 pp.
- Polansky J. 1954 Rasgos geomorfológicos del territorio de la provincia de Mendoza. Ministerio Economía, Instituto Investigaciones Económicas y Tecnológicas. Cuadernos de Investigaciones y Estudios, Mendoza, 4: 4-10.
- Prina AO, GL Alfonso & WA Muiño. 2003. Diversidad de la flora vascular del distrito de La Payenia, Argentina. *Chloris Chilensis*, 6. (<http://www.chlorischile.cl>).
- Ramírez FC. 1967. Ostrácodos de lagunas de la provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata. Nueva Serie, Zoología*, 73: 5-79.
- Ramón Mercau J, C Laprida, J Massaferrero, M Rogora, G Tartari & NI Maidana. 2012. Patagonian ostracods as indicators of climate related hydrological variables: implications for paleoenvironmental reconstructions in Southern South America. *Hydrobiologia*, 694: 235–251.
- Ramos VA. 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. *Anales, Instituto de Geología y Recursos Minerales*, 29: 41-96.
- Ramos VA & A Folguera. 2005. Los Andes Australes: una evolución tectónica excepcional entre el sur de Mendoza y el norte de Neuquén. En: Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Mar del Plata. Actas (archivos electrónicos): 10 pp.
- Ramos VA & A Folguera. 2011. Payenia volcanic province in the Southern Andes: An appraisal of an exceptional Quaternary tectonic setting. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201: 53-64.

- Reid JW. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da orden Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). Boletim de Zoologia, Universidade de São Paulo, 9:17-143.
- Reimer PJ, MGL Baillie, E Bard, A Bayliss, JW Beck, PG Blackwell, C Bronk Ramsey, CE Buck, GS Burr, RL Edwards, M Friedrich, PM Grootes, TP Guilderson, I Hajdas, TJ Heaton, AG Hogg, KA Hughen, KF Kaiser, B Kromer, FG McCormac, SW Manning, RW Reimer, DA Richards, JR Southon, S Talamo, CSM Turney, J van der Plicht & CE Weyhenmeyer. 2009. INTCAL09 and marine09 Radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon, 51: 1111–1150.
- Ringuelet RA. 1958. Primeros datos ecológicos sobre Copépodos dulciacuícolas de la República Argentina. Physis, 21: 14-31.
- Risso C, K Németh; AM Combina; F Nullo & M Drosina. 2008. The role of phreatomagmatism in a Plio-Pleistocene high-density scoria cone field: Llacanelo Volcanic Field (Mendoza), Argentina. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 169: 61–86.
- Roessler EW, 1986. Estudios taxonómicos, ontogenéticos, ecológicos y etológicos sobre los ostrácodos de agua dulce en Colombia – 5: Estudio taxonómico del género *Chlamydotheca* Saussure 1858 (Ostracoda, Podpcopida, Cyprididae), Parte 3: El grupo *Chlamydotheca iheringi* (Sars, 1901). Cladasia, 14:617–650.
- Rojo LD, MM Paez, JO Chiesa, EN Strasser & F Schabitz. 2012. Palinología y condiciones paleoambientales durante los últimos 12.600 cal. años AP en salinas del bebedero (San Luis, Argentina). Ameghiniana, 49: 427–441.
- Rossetti G & K Martens. 1998. Taxonomic revision of the Recent and Holocene representatives of the Family Darwinulidae (Crustacea, Ostracoda), with a description of three new genera. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie, 68: 55–110.
- Rossetti G, DJ Horne & K Martens. 1998. On *Darwinula stevensoni* (Brady & Robertson). Stereo-Atlas of Ostracod Shells, 25: 17–22.
- Rossetti G, K Martens & P Mourguiart. 1996. On *Darwinula incae* Delachaux. Stereo-Atlas of Ostracod Shells, 23: 35–40.
- Ruttner-Kolisko A. 1974. Plankton rotifers. Biology and taxonomy. Die Binnengewässer 26: 1-146.

- Sack D. 2001. Shoreline and basin configuration techniques in paleolimnology. Vol 1: 49-71. En: Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume I: Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques. WM Last & JP Smol (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 548 pp.
- Schäbitz F. 2003. Estudios polínicos del Cuaternario en las regiones áridas del sur de Argentina. *Revista del Museo de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Nueva Serie 5*: 291–300.
- Scheibler EE. 2008. Biodiversidad de insectos acuáticos en zonas áridas del centro oeste andino (Mendoza, Argentina). *Cuadernos de biodiversidad*, 25: 19–26.
- Scheibler EE. & NF Ciocco. 2011. Distribution of macroinvertebrate assemblages along a saline wetland in harsh environmental conditions from Central-West Argentina. *Limnologica*, 41: 37–47.
- Scheibler EE & NF Ciocco. 2013. Diversity of aquatic insects and other associated macroinvertebrates in an arid wetland (Mendoza Province, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomologica de Argentina*. 72: 41-53.
- Schwalb A, SJ Burns, G Cusminsky, K Kelts & V Margraff. 2002. Assemblage diversity and isotopic signals of modern ostracodes and host waters from Patagonia, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 187: 323-339.
- Schwalb A, SJ Burns & K Kelts. 1999. Holocene environments from stable isotope stratigraphy of ostracods and authigenic carbonate in Chilean Altiplano Lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 148: 153–168.
- Segers H. 1995. Rotifera 2: The Lecanidae (Monogononta). En: Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 9. HJF Dumont & T Nogrady (Eds.). SPB Academic Publishing, The Hague, the Netherlands, 226 pp.
- Shornikov E. 1980. Ostracodes in terrestrial biotopes. *Zoologicheskii Zhurnal*, 59: 1309–1319.
- Smith AJ, JJ Donovan, E Ito, DR Engstrom & VA Panek. 2002. Climate-driven hydrologic transients in lake sediment records: multiproxy record of mid-Holocene drought. *Quaternary Science Reviews*, 21: 625–646.
- Smith AJ. 1993. Lacustrine ostracodes as hydrochemical indicators in lakes of the northcentral United States. *Journal of Paleolimnology*, 8: 121– 134.
- Sokal RR, & FJ Rolfs. 1979. *Biometria*. H. Blume, Madrid, 832 pp.

- Sosa HJ. 1995. Actualización de la lista de avifauna de la reserva provincial Laguna Llanquanelo, Malargüe, Mendoza. Presencia estacional, preferencia de hábitats y nidificación. *Multequina*, 4: 65-75.
- Sosa H. 1999. Descripción del evento reproductivo del flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*) en Laguna Llanquanelo, Malargüe, Mendoza. *Multequina*, 8: 87-99.
- Sosa H, & S Martín. 2011. Descripción de la colonia de nidificación del flamenco austral (*Phoenicopterus chilensis*) en la Reserva Provincial Laguna Llanquanelo, Mendoza, Argentina. *Nótulas faunísticas - Segunda Serie*, 78: 1-10.
- Sprovieri M, M Ribera d'Alcala, D Salvagio Manta, A Bellanca, R Neri, F Lirer, C Taberner, JJ Pueyo & S Sammartino. 2008. Ba/Ca evolution in water masses of the Mediterranean late Neogene. *Paleoceanography*, 23: PA3205.
- Stingl H & K Garleff. 1985. Glacier variations and climate of the Late Quaternary in the subtropical and mid-latitude Andes of Argentina. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 21: 225-228.
- Tapia, A. 1935. Los sedimentos araucanos de General Acha (Territorio de La Pampa). *Boletín de la Dirección de Minas*, 40: 959- 963.
- Telford RJ, E Heegaard & HJB Birks. 2004. The intercept is a poor estimate of a calibrated radiocarbon age. *The Holocene*, 14: 296-298.
- ter Braak CJF & Smilauer P. 2002. *CANOCO Reference Manual and Canoco Draw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5)*. Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 500 pp.
- ter Braak CJF, Verdonschot PFM. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57:255-289.
- Turpen JB & RW Angell. 1971. Aspects of molting and calcification in the ostracod *Heterocypris*. *Biological Bulletin*, 140: 331-338.
- Van Morkhoven FPCM. 1963. Post-Paleozoic Ostracoda. Their morphology, taxonomy and economic use. Vol. 2. Generic Descriptions. Elsevier, Amsterdam, 478 pp.
- Wansard G. 1996. Quantification of paleotemperature changes during isotopic stage 2 in the La Draga continental sequence (NE Spain) based on the Mg/Ca ratio of freshwater ostracods. *Quaternary Science Reviews*, 15: 237-245.



- Wansard G, De Deckker P & R. Julia. 1998 Variability in ostracod partition coefficients  $D_{Sr}$  and  $D_{Mg}$ / Implications for lacustrine palaeoenvironmental reconstructions. *Chemical Geology*, 146: 39–54.
- Wansard G & JP Roca. 1997. Étude expérimentale de l'incorporation du strontium et du magnésium dans les valves d'un ostracode d'eau douce, *Heterocypris brevicaudata* (Crustacea, Ostracoda). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 325: 403-409.
- Weldeab S, DW Lea, RR Schneider & N Andersen. 2007. 155,000 years of west African monsoon and ocean thermal evolution. *Science*, 316: 1303–1307.
- Whatley RC & GC Cusminsky. 1995. Quaternary lacustrine Ostracoda from northern Patagonia, Argentina: 303–310. En: *Ostracoda & biostratigraphy*. J. Riha (Ed.). Balkema, Rotterdam.
- Whatley RC & GC Cusminsky. 1999. Lacustrine Ostracoda and late Quaternary palaeoenvironments from the lake Cari-Laufquen region, Río Negro province, Argentina. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 15: 229–239.
- Williams WD. 1998 Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes. *Hydrobiologia*, 381: 191–201.
- Zabert LL. 1981. Ostrácodos cuartarios de Taco Pozo (provincia de Chaco, Argentina) con algunas consideraciones paleoecológicas. *Facena*, 4: 77-87.
- Zabert L, R Herbst. 1986. Ostrácodos Pleistocénicos del arroyo Perucho Verna, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana*, 23: 213-224.
- Zech J, P Wäger, C Kull, P Kubik, H Veit & R Zech. 2011. Glacier and climate reconstruction in the Las Leñas Valley (35°S), Central Argentina. *INQUA*, 3412.