

# PALEOBIOINDICADORES DEL FIN DEL MUNDO: OSTRÁCODOS Y QUIRONÓMIDOS DEL EXTREMO SUR DE SUDAMÉRICA EN AMBIENTES LACUSTRES CUATERNARIOS

Cecilia LAPRIDA<sup>1</sup>, Julieta MASSAFERRO<sup>2</sup>, María Josefina Ramón MERCAU<sup>1</sup> y Gabriela CUSMINSKY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" IDEAN, UBA-CONICET, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2160 Ciudad Universitaria, C1428EGA, CABA, Argentina. [chechu@gl.fcen.uba.ar](mailto:chechu@gl.fcen.uba.ar); [jrm@gl.fcen.uba.ar](mailto:jrm@gl.fcen.uba.ar)

<sup>2</sup> Programa de Estudios Aplicados a la Conservación de la Biodiversidad CENAC/APN, Fagnano 244, 8400 Bariloche, Argentina [julimassafarro@hotmail.com](mailto:julimassafarro@hotmail.com)

<sup>3</sup> Instituto de Biodiversidad y Medio Ambiente INIBIOMA- CONICET. Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250 8400 San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina [gcusminsky@gmail.com](mailto:gcusminsky@gmail.com)

**Resumen:** El objetivo de este trabajo es resumir el estado de las investigaciones paleolimnológicas basadas en bioindicadores pertenecientes al Phylum Arthropoda, en particular ostrácodos (Crustacea) y quironómidos (Diptera), en el ámbito de la República Argentina. Si bien la mayor parte de las investigaciones se han efectuado en el ámbito de la Patagonia, donde han permitido la reconstrucción paleolimnológica de registros desde el último Máximo Glacial y el Holoceno, estos estudios se fueron extendiendo progresivamente hacia las regiones pampeanas, Cuyo y el Noroeste, abarcando distintas ventanas temporales del Pleistoceno Tardío y el Holoceno. Son cada vez más numerosas las investigaciones que integran datos actuales y fósiles de ostrácodos y quironómidos, lo que ha permitido desarrollar funciones de transferencia dando lugar a reconstrucciones cuantitativas robustas y mejorar las interpretaciones cualitativas basadas en la presencia de especies indicadoras. Ambos tipos de reconstrucciones son cada vez más frecuentemente combinadas con otros *proxies* biológicos, químicos o físicos, brindando un marco *multiproxy* que permite reconstrucciones integrales de los ecosistemas lacustres cuaternarios. Los estudios de ostrácodos y quironómidos de registros lacustres han permitido no sólo reconocer las tendencias ambientales y climáticas de los últimos miles de años, sino también reconocer eventos climáticos de media y alta frecuencia de interés global, tales como el *Younger Dryas*, el *Antarctic Cold Reversal*, el Evento Frío 4,2ka, y la Pequeña Edad de Hielo, así también como los cambios climáticos e impactos antrópicos del siglo 20.

**Palabras clave:** ostrácodos, quironómidos, ambientes lacustres cuaternarios, Argentina.

## EXTENDED ABSTRACT

*Paleobioindicators from the world's end: Ostracods and chironomids from Quaternary lacustrine environments of the southern tip of South American*

The main goal of this contribution is to summarize our current knowledge on paleolimnological research

in Argentina using bioproxies, particularly ostracods (Crustacea) and chironomids (Diptera). Additionally, we present our perspective on the strengths and weaknesses of the major approaches to reconstruct past climate from these biological proxies. Ostracod and chironomid assemblages are powerful tools in Paleolimnology. These arthropods live in continental waters where they can reflect climate and

environmental changes because of their high sensitivity to variations in the physical and chemical parameters controlling aquatic systems. Based on their modern ecological requirements it is possible to apply numerical, multivariate, and qualitative techniques to reconstruct some key parameters of late Quaternary environments.

For the past 20 years, the use of modern and fossil ostracods and chironomids has increased significantly allowing the development of robust and unbiased high-resolution environmental reconstructions including climate applying multivariate approaches (i.e., transfer functions) and qualitative interpretations. Indicator species often consolidate investigations. The combination of biological, physical, and chemical proxies provides a network of independent data that allow the comprehensive understanding of late Quaternary continental aquatic ecosystems. Ostracods and chironomids have permitted not only to recognize long- and mid-term climate and environmental trends but also high frequency climatic events of global interest, like the Younger Dryas (YD), the Antarctic Cold Reversal (ACR), the “4,2ka Dry Event”, and the Little Ice Age (LIA), as well as climate changes occurred during the 20<sup>th</sup> century, including anthropogenic impact. Most of these studies have been performed in North America and southern Patagonia of Argentina, permitting to reconstruct the climatic and environmental evolution since the Last Glacial Maximum (LGM). More recently, this kind of research has expanded towards lower latitudes in Argentina, like the Pampas Plain and the Northwest Argentine Altiplano or Puna, covering different temporal windows of the middle and late Holocene (Fig. 1).

To date, Patagonia offers the best records due to the active research conducted by local and foreign scientist. Based on the suitability of high-resolution sedimentary archives (Table 1), these studies have proven useful for understanding the evolution of the Southern Hemisphere Quaternary climate. This is especially true for the Andean lakes that may include continuous sequences since the LGM. (Whatley and Cusminsky, 1995, 1999; Cusminsky and Whatley, 2008; Cusminsky *et al.*, 2011; Massaferrero *et al.*, 2004, 2009, 2014). By contrast, the Patagonian steppe lakes and ponds may be more sensitive to environmental change but the records are shorter, younger, and fragmentary (Massaferrero and Laroque, 2013; Ramón Mercau *et al.*, 2010, 2012b). In spite of the good

quality of records in Patagonia, the vastness of the region, and the unattainability of some areas, it makes sometimes difficult to assess the systematic position and autoecology of the taxa involved at the expense of the reconstruction's quality. On the other hand, the Pampean records (Fig. 1, Table 2) include mostly Holocene sediments allowing the understanding of the trophic history (Laprida *et al.*, 2014), rainfall patterns (Laprida and Valero Garcés, 2009) and climate gradients (Laprida *et al.*, 2009) in one of the most social-economically important regions of the country.

The results obtained in this study corroborate the potential value of these arthropods as proxies of late Quaternary environmental change, and suggest directions of future research to improve our understanding of the biological interactions with the environment and climate. New investigations are required on the taxonomy of modern ostracods and chironomids, their ecological requirements and distribution to be able to extrapolate this knowledge to the past generating calibration methods that would cover broad gradients. The development of quantitative techniques for inferring past environments from paleoecological data and of multiproxy studies using several variables, can allow the study of biotic responses to and the testing of hypotheses about climate change.

**Keywords:** ostracods, chironomids, paleolimnology, late Quaternary, Argentina.

## INTRODUCCIÓN

Los lagos son laboratorios naturales que registran en sus sedimentos los efectos del cambio ambiental, ya sea de origen natural como el causado por la intervención del hombre (Williamson *et al.*, 2008). Las condiciones climáticas determinan directa o indirectamente las propiedades físicas, químicas y biológicas de los lagos. Los sedimentos lacustres integran espacial y temporalmente estas señales, por lo que su estudio permite la reconstrucción de las condiciones ambientales y climáticas del pasado y su evolución. Estos archivos sedimentarios pueden ser adecuados para estudios paleolimnológicos de alta resolución, rivalizando en los ambientes continentales con los espeleotemas o los anillos de árboles, pero con la ventaja de representar diversas dimensiones de estos complejos ecosistemas que

pueden ser analizados en aspectos tan diversos como el contenido biológico, las propiedades magnéticas o la naturaleza geoquímica de los sedimentos (Williamson *et al.*, 2009). Estas múltiples vías de evidencia brindan a los estudios paleolimnológicos la posibilidad de reconstrucciones integrales, constituyéndose en sistemas de referencia para el análisis de la variabilidad natural en diferentes escalas de cambio climático en los ambientes continentales (Birks y Birks, 2006).

La mayor parte de las biocenosis de los lagos no dejan registros fósiles, pero organismos que presentan estructuras capaces de superar las barreras tafonómicas impuestas por los procesos de fosilización pueden ser recuperados de los sedimentos lacustres y reconocidos a diversos niveles taxonómicos. La presencia de estos restos permite reconstruir, al menos parcialmente, la composición de la biota que habitaba el lago. Muchos de estos organismos tienen requisitos ecológicos estrechos, por lo cual su estudio permite la reconstrucción de ciertos parámetros ambientales con un alto grado de confiabilidad (Birks *et al.*, 2010). A este tipo de organismos se los conoce con el nombre de *bioindicadores* o *bioproxies*. La información que pueden aportar estos *bioproxies* es fundamental puesto que reflejan las condiciones ambientales en el momento de su incorporación a los sedimentos pudiendo ser utilizados para descifrar la historia del lago y su cuenca.

Entre los bioindicadores lacustres más utilizados se encuentran los ostrácodos (Ostracoda, Crustacea) y los quironómidos (Chironomidae, Diptera, Insecta). El objetivo de este trabajo es sintetizar el estado de las investigaciones paleolimnológicas efectuadas hasta el presente a partir de estos bioindicadores en áreas claves de nuestro país. Cabe destacarse que se analizan aquí sólo trabajos en los cuales ostrácodos y quironómidos fueron determinantes en las reconstrucciones paleolimnológicas. Otras referencias de los estudios efectuados en ambientes marinos y no marinos en distintas ventanas temporales del Cenozoico pueden encontrarse en Del Río *et al.* (2007).

### **OSTRÁCODOS Y QUIRONÓMIDOS COMO BIOINDICADORES PALEOLIMNOLÓGICOS**

Los ostrácodos son crustáceos acuáticos de pequeño tamaño (generalmente entre 0,15 y 3 mm),

provistos de un caparazón bivalvo de calcita con proporciones variables de magnesio, recubierto externamente por una capa de quitina. Este caparazón posee un elevado potencial de fosilización y permite la identificación taxonómica a nivel específico. Habitan todos los medios acuáticos, y su distribución en los ambientes continentales está determinada por las características físico-químicas de las aguas y la estabilidad del ambiente (Laprida y Ballent, 2008). La existencia de especies estenoicas ha permitido la reconstrucción cualitativa y cuantitativa de la temperatura, la salinidad, la composición iónica de los cuerpos de agua y por ende, de las precipitaciones medias anuales (De Deckker y Forester, 1988; Horn *et al.*, 2003, 2012) y los índices de evaporación, especialmente en lagos pequeños con cuencas cerradas de regiones semiáridas. Adicionalmente, el caparazón de los ostrácodos es una de las pocas fuentes de carbonato biogénico en los ambientes continentales, ofreciendo un archivo geoquímico sobre el cual pueden efectuarse estudios tales como la presencia de elementos traza, las relaciones Mg/Ca, Sr/Ca y Ba/Ca, o el fraccionamiento isotópico del carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y oxígeno ( $\delta^{18}\text{O}$ ) (Holmes y Chivas, 2002; Ito *et al.*, 2003; Schwalb, 2003).

Por su parte, los quironómidos son un grupo de insectos ampliamente distribuido y con una abundancia y diversidad relativamente altas en ciertos ambientes, muy sensibles a cambios ambientales. Las larvas son de hábitos acuáticos y constituyen una valiosa herramienta paleolimnológica ya que sus cápsulas cefálicas, fuertemente quitinizadas, se preservan frecuentemente en los sedimentos y retienen caracteres morfológicos que permiten su identificación taxonómica. El análisis de los ensambles de quironómidos en sedimentos lacustres puede ser aplicado a estudios de eutrofización, ya que responden rápidamente a cambios en la concentración de nutrientes, materia orgánica y otros elementos, como metales pesados. No obstante, el mayor potencial de este grupo es su sensibilidad a los cambios de temperatura, por lo que la aplicación paleolimnológica más importante es en las reconstrucciones climáticas basadas en análisis multivariados y el desarrollo de funciones de calibración. En Europa, América del Norte y América del Sur, las reconstrucciones de temperatura basadas en quironómidos muestran evidencias de cambios climáticos abruptos (Walker *et al.*, 1991; Cwynar y Levesque, 1995; Brooks y Birks, 2000;

Massaferro y Brooks, 2002). El modelo de inferencia de temperatura desarrollado específicamente para Patagonia (Massaferro *et al.*, 2014) provee uno de los métodos más precisos para determinar la magnitud y la tasa de cambio de la temperatura en el sector oriental del extremo sur de América del Sur.

## OSTRÁCODOS Y QUIRONÓMIDOS EN ESTUDIOS PALEOLIMNOLÓGICOS EN ARGENTINA

En Argentina, los estudios de los ostrácodos lacustres se inician a principios del siglo pasado con las primeras descripciones de Vavra (1898) y Daday (1902) para la región patagónica, y Brehm (1934) para la región cuyana. La aplicación de los ostrácodos continentales en estudios paleoambientales de secuencias cuaternarias de subsuelo (Zabert, 1981; Zabert y Herbst, 1986) seguían los lineamientos de la reconstrucción paleoecológica descriptiva clásica, con escasa integración de datos taxonómicos, autoecológicos y sinecológicos emanados del estudio de ensamblajes actuales. Este enfoque cambió gradualmente a partir de la década de 1990, cuando comenzaron a desarrollarse en el ámbito de nuestro país proyectos internacionales multidisciplinarios como Lagos-Comahue y Pato/Palatra. Estos proyectos reflejaron el creciente interés en la evolución climática del Cuaternario tardío y el reconocimiento de la región patagónica como un área clave para la comprensión de los cambios climáticos globales y hemisféricos de los últimos 20.000 años. Desde el punto de vista disciplinar, dieron el puntapié inicial para la aplicación de metodologías de reconstrucción ambiental propias de la Paleoecología de Cuaternario, poniendo de manifiesto la necesidad de conocer el funcionamiento y la biota de los lagos actuales como base de la reconstrucción ambiental (*cf.* Whatley y Cusminsky, 2000). Comenzó entonces el estudio detallado de las asociaciones de ostrácodos presentes en los cuerpos de agua actuales considerando simultáneamente ciertos parámetros físico-químicos, con el fin de mejorar la resolución taxonómica y para ser utilizados como análogos modernos en secuencias cuaternarias.

Los primeros estudios se centraron en ambientes actuales de Patagonia Norte y Central en una transecta O-E desde el monte Tronador (41°00'S - 71°50'O) hasta el área de Cari-Laufquen (41°12'S - 69°23'O) y lago Cardiel (~49°S). Posteriormente, fueron ampliándose las áreas de estudio a la Región

Pampeana (Laprida, 2006; Laprida *et al.*, 2009, 2011; Ramón Mercau *et al.*, 2014, Laprida *et al.*, 2014), la Patagonia Austral (Ramón Mercau y Laprida, 2010; Ramón Mercau *et al.*, 2012a, b, Ramón Mercau, 2015), la Puna en la Región Noroeste (Laprida *et al.*, 2006; Di Micco, 2012) y más recientemente Cuyo (D'Ambrosio, 2014).

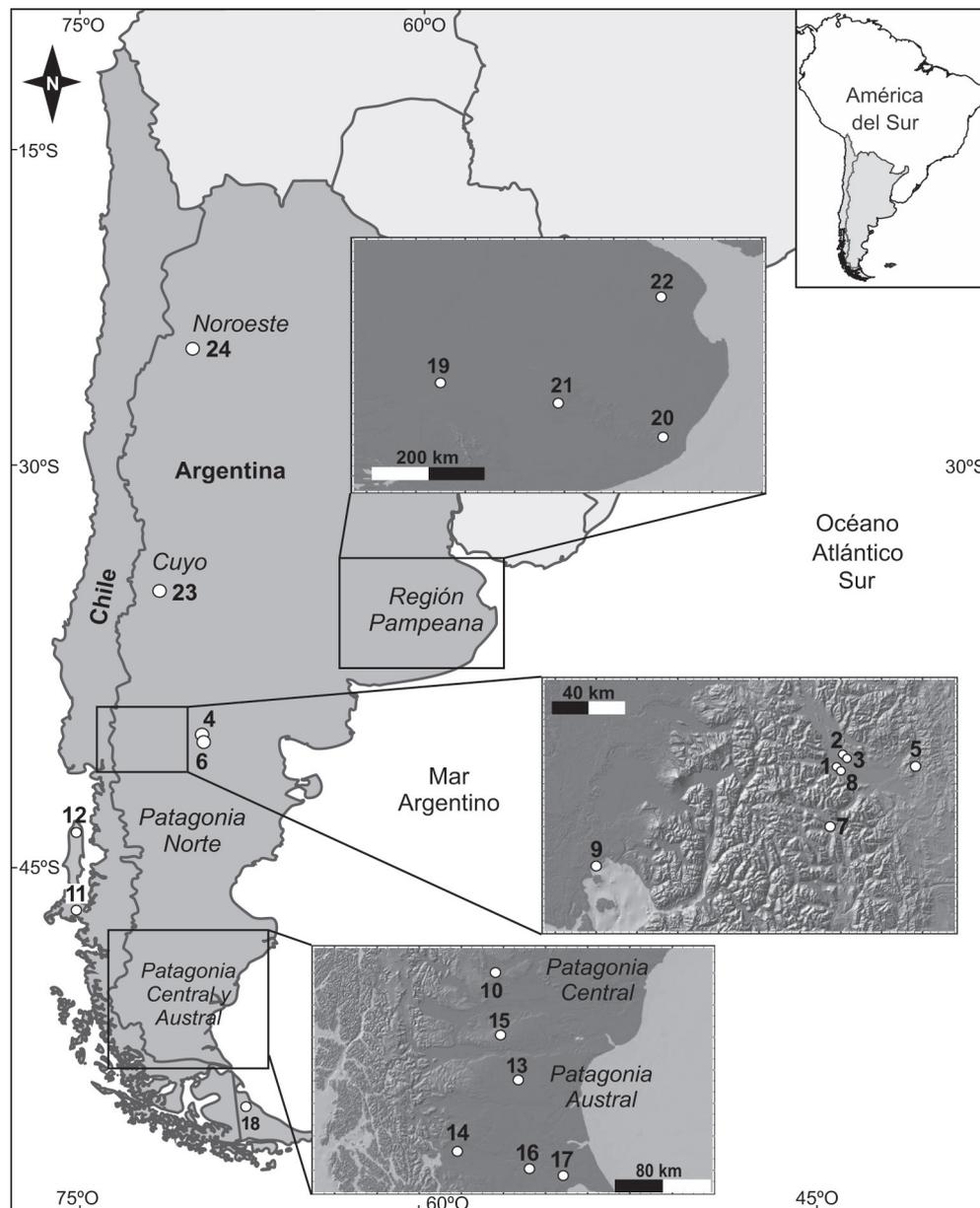
Por su parte, la aplicación de los quironómidos fósiles como bioindicadores lacustres comenzó en América del Norte y Europa a partir de los años 1950. En el Hemisferio Sur este tipo de estudios es posterior, siendo el primer trabajo para América del Sur el de Binford (1982), aunque la falta de resolución taxonómica y de un marco cronológico adecuado de la secuencia analizada torna imprecisa la interpretación de los resultados obtenidos. Recién en el marco del ya mencionado proyecto Lagos-Comahue es que comienzan a efectuarse de manera sistemática estudios de quironómidos actuales y fósiles en sedimentos lacustres en nuestro país, confirmandose su importancia como herramienta de reconstrucción ambiental (Ariztegui *et al.*, 1997; Bianchi *et al.*, 1997, 1999; Corley y Massaferro, 1998; Massaferro y Corley, 1998).

Casi la totalidad de los trabajos sobre quironómidos fósiles en América del Sur se concentran en la Patagonia argentina y chilena entre los ~41°S y los 53°S (Massaferro y Brooks, 2002; Massaferro *et al.*, 2004; Massaferro *et al.*, 2005, 2013; Massaferro y Vandergoes, 2008, 2013; Massaferro *et al.*, 2009; Massaferro y Larocque, 2013; Massaferro *et al.*, 2014).

Estos grupos han sido analizados como bioindicadores por conservar los ensamblajes fósiles señales ambientales y climáticas, pero también por ser portadores de señales geoquímicas que pueden ser decodificadas e interpretadas en términos ambientales. En este sentido, en nuestro país los trabajos de Schwalb *et al.* (2002) y de Mayr *et al.* (2014, en prensa) han analizado la relación entre la composición isotópica de las aguas huésped y la señal isotópica de valvas de ostrácodos y cápsulas cefálicas de quironómidos, ampliando así el espectro de posibilidades de reconstrucción a partir del registro sedimentario.

## LAS RECONSTRUCCIONES PALEOLIMNOLÓGICAS BASADAS EN OSTRÁCODOS Y QUIRONÓMIDOS EN ARGENTINA: ESTADO DEL ARTE

Las reconstrucciones efectuadas en base a los



**Figura 1.** Áreas de estudio en las cuales se han efectuado estudios paleolimnológicos basados en ostrácodos y quironómidos con enfoques paleolimnológicos. *Patagonia Norte*: 1: lago El Trébol; 2: Mallín Aguado; 3: Lago Seco; 4: laguna Cari Laufquen; 5: laguna Los Juncos; 6: río Maquinchao; 7: lago Mascardi; 8: lago Morenito; 9: laguna Huelmo. *Patagonia Central*: 10: lago Cardiel; 11: laguna Stibnite; 12: laguna Fácil. *Patagonia Austral*: 13: laguna San Ignacio; 14: laguna Huergo; 15: laguna Cháltel; 16: laguna Potrok Aike; 17: laguna Azul; 18: laguna Carmen. *Región Pampeana*: 19: laguna del Monte; 20: laguna La Brava; 21: laguna La Barrancosa; 22: laguna Chascomús. *Cuyo*: 23: laguna Llanquanello. *Región Noroeste*: 24: laguna Colorada.

**Figure 1.** Location of studied areas reported in this contribution. *Patagonia Norte*: 1: lago El Trébol; 2: Mallín Aguado; 3: Lago Seco; 4: laguna Cari Laufquen; 5: laguna Los Juncos; 6: río Maquinchao; 7: lago Mascardi; 8: lago Morenito; 9: laguna Huelmo. *Patagonia Central*: 10: lago Cardiel; 11: laguna Stibnite; 12: laguna Fácil. *Patagonia Austral*: 13: laguna San Ignacio; 14: laguna Huergo; 15: laguna Cháltel; 16: laguna Potrok Aike; 17: laguna Azul; 18: laguna Carmen. *Región Pampeana*: 19: laguna del Monte; 20: laguna La Brava; 21: laguna La Barrancosa; 22: laguna Chascomús. *Cuyo*: 23: laguna Llanquanello. *Región Noroeste*: 24: laguna Colorada.

ensambles cuaternarios de ostrácodos y/o quironómidos en nuestro país abarcan diversas regiones: la Puna en el Noroeste, Cuyo, región pampeana,

Patagonia Norte, Central y Austral (Fig. 1). Como puede apreciarse, la mayor parte de los estudios se concentraron en la Patagonia Norte, en torno

Registro	Lat.-Long.	Edad base	Bioproxy	Principales tendencias ambientales y climáticas	Referencias
El Trébol	41°04'S - 71°30'O 758 m snm	13.000 años AP	O, Q	Niveles glaciales oligotróficos seguidos por secuencias postglaciales con alto contenido en materia orgánica que implica mejoramiento climático y aumento de productividad. Condiciones desfavorables para la preservación de ostrácodos.	Whatley y Cusminsky (1995, 2000); Bianchi <i>et al.</i> (1997, 1999); Cusminsky y Whatley (2008)
Mallín Aguado	41°00'S-71°29'O 908 msnm	15.000 años AP	O	Secuencias postglaciales con alto contenido en materia orgánica que implica mejoramiento climático y aumento de productividad. Estas condiciones son desfavorables para la preservación de ostrácodos.	Whatley y Cusminsky (1995, 2000); Cusminsky y Whatley (2008)
Lago Seco	41°01'S - 71°28'O 903 msnm	12.500 años AP	O	Sedimentación postglacial con altos niveles de materia orgánica vegetal.	Whatley y Cusminsky (1995, 2000); Cusminsky y Whatley (2008)
Cari Laufquen	41°10'S-69°28'O 800 m snm	19.700 años AP	O	Variaciones hidrológicas sustanciales durante el Pleistoceno Tardío-Holoceno Medio con una disminución de la conductividad debido a cambios en la relación precipitación/evaporación.	Cusminsky y Whatley (2008); Cusminsky <i>et al.</i> (2011)
Los Juncos	41°03'S-71°02'O 900 msnm	12.000 años AP	O	Aumento de la concentración de solutos y presencia de niveles lacustres más salinos en el Holoceno inferior.	Whatley y Cusminsky (1995, 2000); Cusminsky y Whatley (2008); Cusminsky <i>et al.</i> (2011)
Maquinchao	41°10'S - 69°28'O 810 msnm	13.200 AP	O	Presencia de un nivel lacustre salino producto de un aumento de la humedad en el área.	Whatley y Cusminsky (1999); Cusminsky y Whatley (2008); Cusminsky <i>et al.</i> (2011)
Mascardi	41°20'S - 71°34'O 187 m snm	15.000 años AP	Q	Reversión fría entre 11.400 y 10.200 años AP similar al <i>Younger Dryas</i> del Hemisferio Norte acompañada por erosión sub-glaciar debido al avance del Glaciar del Cerro Tronador.	Ariztegui <i>et al.</i> (1997)
Morenito	41°03'S - 71°31'O 804 msnm	1.800 AD	Q	Cambios tróficos debido a impacto humano por la introducción de salmónidos en ~1930 AD y cerramiento del lago en ~1960 AD. Cambios ambientales por eventos volcánicos (p.ej. erupción del Volcán Puyehue en 1960 AD).	Massaferro <i>et al.</i> (2004)
Huelmo	41° 31'S-73° 00'O 24 msnm	15.000 años AP	Q	Reversión fría similar al <i>Younger Dryas</i> del hemisferio Norte pero de mayor amplitud temporal (13,600 a 11,200 años AP) relacionada con <i>Huelmo Mascardi Cold Reversal</i> y <i>Antarctic Cold Reversal</i> .	Massaferro <i>et al.</i> (2009, 2014)
Cardiel	49°S - 71° 10' 276m snm	15.600 AP	O	Variaciones del nivel del lago relacionado con cambios en la relación evaporación/precipitación del área.	Cusminsky <i>et al.</i> (2011)
Stibnite	46°25'S - 74°24'O < 50 m snm	17.000 años AP	Q	Reversión fría similar al <i>Younger Dryas</i> del Hemisferio Norte entre (13000 y 11,200 años AP). Variaciones del nivel de las aguas debido a precipitaciones y/o la actividad del Glaciar San Rafael con periodos secos y de bajos niveles lacustres a 9400-6300 años AP y a los 2400-1600 años AP.	Massaferro y Brooks (2002)
Fácil	44°19'S - 74°17'O < 50 msnm	15.000 años AP	Q	Ciclos de periodos secos y húmedos a lo largo de la secuencia postglacial. No evidencia de reversión fría.	Massaferro <i>et al.</i> (2005)
San Ignacio	50°39'S - 70° 40'O 324 msnm	1.600 AD	O	Evidencias de fuerte déficit hídrico a lo largo de todo el registro, con eventos frecuentes de desecación durante el siglo 20. Rango de concentración de solutos dentro del rango mesohalino.	Este trabajo; Ramón Mercau (2015)
Huergo	51°44'S - 72° 4'O 157 msnm	6.500 años AP	O, Q	Cambios multiseculares en el balance hídrico de baja escala. Balance hídrico positivo y niveles altos entre los 3.400-3.000 años AP y a los 300 años AP.	Este trabajo; Ramón Mercau <i>et al.</i> (2012b)
Chálitel	49°57'S - 71°06'O 788 msnm	4.700 años AP	O, Q	Déficit hídrico en Holoceno Medio; Evento frío 4.2 k. Mejoramiento climático a partir de 3.200 y especialmente a partir de los 2.700 años AP. Condiciones actuales a partir de los 1.500 años AP.	Massaferro <i>et al.</i> (2010); Ramón Mercau <i>et al.</i> (2010); Maidana <i>et al.</i> (2010); Ohlendorf <i>et al.</i> (2014)
Potrok Aike	51°58'S-70° 23'O 110 msnm	9.000 años AP	Q	Reversión fría semejante al <i>Antarctic Cold Reversal</i> . Holoceno cálido y seco.	Massaferro y Laroque (2013)
Laguna Azul	52°05'S-63°69'O 100 msnm	1.550-1.800AD	Q	Evidencias de climas fríos coincidentes con la Pequeña Edad de Hielo.	Martin <i>et al.</i> (2014a, b)
Carmen	53°41'S-68°18'O < 50 msnm	3.500 años AP	O	Salinidades moderadas desde el Holoceno medio con marcada inestabilidad a partir de los 2300 años BP y eventos de mayor disponibilidad hídrica en torno a los 3200 y 1900 años BP.	Este trabajo; Fernández <i>et al.</i> (2015); Ramón Mercau (2015)

a los 41°S. Dada la variedad de faunas, ventanas temporales y ámbitos geográficos, las mismas se organizan por importancia de los conocimientos generados, áreas geográficas, y por indicador. Las principales tendencias ambientales y climáticas emanadas de los estudios efectuados se sistematizan en la Tabla 1 para los estudios realizados en la Patagonia, y la Tabla 2 para los estudios efectuados al norte de los 40°S.

### Patagonia Norte (~40° - 42°S) (Fig. 1, Tabla 1)

**Ostrácodos.** Se analizaron los ensambles de ostrácodos de ambientes actuales a lo largo de una transecta oeste-este (41°S entre los 71°28'-64°06'O) en donde se midieron conjuntamente parámetros físico-químicos, y la composición isotópica de aguas hospedadoras y valvas de ostrácodos. La composición de las asociaciones varía a lo largo de la transecta estableciéndose que la conductividad es un factor determinante en la distribución de los ostrácodos. De esta forma se reconocieron asociaciones presentes en ambientes de baja conductividad (*Pen-thesinelula incae*, *Tonacypris lutaria*, *Cypris pubera*), conductividad intermedia (*Heterocypris incongruens*, *Ilyocypris ramirezi*, *Eucypris fontana* y *Kapcypridopsis megapodus*, entre otras), estando *Limnocythere rionegroensis* limitada a los ambientes de alta conductividad (Pérez *et al.*, 2001; Schwalb *et al.*, 2002; Cusminsky *et al.*, 2005; Viehberg *et al.*, 2009; Cusminsky *et al.*, 2010, 2011; Coviaga *et al.*, 2012, 2013, 2014).

Adicionalmente, para la misma latitud, se analizaron testigos sedimentarios y perfiles expuestos obtenidos a lo largo de una transecta oeste-este que abarca desde los 71° a los 69°O (Whatley y Cusminsky, 1995, 2000; Cusminsky y Whatley, 2008). El gradiente de precipitación media anual varía entre los 3.500 mm en el oeste a 160 mm en el extremo este de la mencionada transecta. Los testigos más occidentales (El Trébol, Mallín Aguado y Lago Seco) incluyen secuencias del límite Pleistoceno/Holoceno y el Holoceno inferior. En dichos testigos se observan

dos secciones litológicas bien definidas: la inferior con niveles de limo-arcillas y por encima sedimentos con alto contenido en materia orgánica de origen vegetal (turba y/o *gyttja*). Este contraste litológico coincide con el retiro de los glaciares y la finalización del Pleistoceno. En los testigos de El Trébol y Mallín Aguado no se registraron ostrácodos, mientras que en el testigo del Lago Seco se halló *E. fontana* en los niveles inferiores. La ausencia de ostrácodos en los testigos de El Trébol y Lago Seco y Mallín Aguado, se debe probablemente a que en el ambiente bentónico imperaron condiciones ácidas como consecuencia de los altos niveles de materia orgánica sedimentaria que impidieron la preservación de las valvas. En el caso de la laguna El Trébol, testigo constituido por sedimentos clásticos arcillosos, puede deberse a que dicho sector corresponde a un ambiente oligotrófico postglacial insuficiente desde el punto de vista de la oferta alimentaria para su colonización por parte de los ostrácodos (Whatley y Cusminsky 1995, 2000; Cusminsky y Whatley, 2008).

En el sector intermedio de la transecta, la presencia de *Limnocythere patagonica*, *Eucypris fontana*, *E. virgata* y *Candonopsis brasiliensis* en el testigo Los Juncos indicaría una conductividad intermedia, sugiriendo condiciones más áridas que las del sector cordillerano (Whatley y Cusminsky, 1995, 2000), pero más húmedas que las del extremo oriental de la transecta (Cusminsky y Whatley, 2008), en coincidencia con el gradiente de precipitaciones O-E que caracteriza a la Patagonia. La precipitación media de este sector es de alrededor de 586 mm anuales.

Las lagunas Cari-Laufquen Grande y Cari-Laufquen Chica (Fig. 1) representan el extremo oriental de la transecta, correspondiendo a dos cuencas tectónicas endorreicas con propiedades diferentes. La laguna Cari-Laufquen Chica es un lago permanente que se encuentra a 820 m snm, aguas levemente alcalinas (pH = 7,8) y una concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de 283 ppm. La laguna Cari-Laufquen Grande está ubicada a 800 m snm, tiene un pH de 8,6 y una concentración de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de 4.000 ppm. Ambos lagos se conectan por el río Maquinchao.

**Tabla 1.** Registros, ubicación, edad de las secuencias, bioproxies analizados y principales tendencias ambientales y climáticas de las diferentes regiones de la Patagonia argentina y chilena discutidas en este trabajo, que utilizan ostrácodos y quironómidos con un enfoque paleolimnológico como herramientas de inferencia ambiental y climática. O: ostrácodos; Q: quironómidos.

**Table 1.** Paleolimnological archives, ages (years BP), analyzed bioproxies (O: ostracods, Q: chironomids), and main environmental and climatic trends for the Patagonian regions described in the text: Patagonia Norte, Central and Austral.

Registro	Lat-Long.	Edad base	Bioproxy	Principales tendencias ambientales y climáticas	Referencias
Chascomús	35° 35' S - 58° 02' O 6,53 msnm	1.550 AD	O	Sequías durante Pequeña Edad de Hielo; mayores precipitaciones a partir de 1.850 AD y aumento de precipitaciones a partir de 1.970 AD.	Laprida y Valero Garcés (2009); Laprida <i>et al.</i> (2009, 2011)
del Monte	37°00' S, 62°30' O 100 msnm	1.500 AD	O	Sequías durante la Pequeña Edad de Hielo; mayores precipitaciones a partir de 1850.	Laprida <i>et al.</i> (2009, 2011)
La Brava	37°52' S - 57°59' O 68 msnm	4.700 años AP	O	Estados turbios entre los 4.700-4.500 años AP asociados a niveles de lago alto. Establecimiento de climas predominantemente secos entre 4.500-2.000 años AP, con picos de déficit hídrico alrededor de 4.000-4.200 y 3.400-2.600 años AP. Mejoramiento del balance hídrico a partir de 2.000 años AP, con descensos a los 1.500 años AP y durante la Pequeña Edad de Hielo. Impacto antrópico a partir de 1.950 AD.	Laprida <i>et al.</i> (2014); Irurzún <i>et al.</i> (2014)
La Barrancosa	37°19' S - 60°06' O < 100 msnm	1.900 AD	O, Q	Incremento de la precipitación a partir de 1.900 AD y eutrofización durante el siglo 20. Salto climático de los 1970's AD. Impacto antrópico a partir de 1.980 AD.	Plastani <i>et al.</i> (2012, 2013, 2014); Montes de Oca <i>et al.</i> (2014)
Llancanello	35° S - 68° O 1330 msnm	32.000 años AP	O	Laguna somera y salina asociada a climas semiáridos con mayor disponibilidad hídrica durante el Último Máximo Glacial. Mejoramiento climático durante el Holoceno inferior y medio.	D'Ambrosio (2014)
Colorada	26° 01' S - 67° 26' O 3420 msnm	9.000 años AP	O	Climas secos y frecuentes procesos deflacionarios durante el Holoceno inferior. Cambio de régimen climático a los 3.400-1.800 y 1.300 años AP. Retorno a las condiciones secas a partir de 1.000 años AP.	Laprida <i>et al.</i> (2005b); Di Micco (2012)

En esta área la precipitación media anual es de 160 mm (Galloway *et al.*, 1988). En este sector de la transecta se analizaron dos afloramientos: el perfil Cari-Laufquen Grande (CLG), al sur de la laguna homónima (41°10'S - 69°28'O) y la sección del río Maquinchao. El perfil CLG tiene un espesor de 6 metros, y comprende (de base a techo) capas de arcillas con ostrácodos, alternancia de tefras y arcilla y limo con astillas de carbonatos, arcilla limosa amarillenta bandeada y arcilla color ocre (Pineda *et al.*, 2010).

La sección río Maquinchao está localizada en el valle inferior del río homónimo y cercano a la laguna Cari-Laufquen Grande. Tiene un espesor de 12 metros y comprende tres unidades (véase Whitley y Cusminsky, 1999 para una descripción detallada). La Unidad A está conformada por grava, arena y fango, caracterizando ambientes de alta energía; la Unidad B está compuesta por arcillas y margas con esporádicos niveles de gypsita, representando la sedimentación en una cuenca lacustre más profunda; y la Unidad C, compuesta por sedimentos de grano grueso con estratificación irregular y estromatolitos, se interpreta como la secuencia regresiva del paleolago. Las unidades B y C se encuentran separadas por niveles de tefras. Una sola muestra, ubicada en la base de la unidad B, fue datada por termoluminiscencia dando una edad de 13.200 años AP, por lo que la secuencia corresponde, al menos parcialmente, al Pleistoceno cuspidal y la finalización del último ciclo glacial.

El estudio de ostrácodos indica que las unidades A y B corresponden a una secuencia lacustre. Los ensambles están conformados por *L. rionegroensis*, *E. virgata*, *E. fontana* y *L. patagonica*. En base a los estudios realizados en ambientes

**Tabla 2.** Registros, ubicación, edad de las secuencias, bioproxies analizados y principales tendencias ambientales y climáticas de la registros correspondientes a las regiones Pampeana, Cuyo y Puna (Noroeste) referidas en el texto, que utilizan ostrácodos y quironómidos con un enfoque paleolimnológico como herramientas de inferencia ambiental y climática. O: ostrácodos; Q: quironómidos.

**Table 2.** Paleolimnological archives, ages (years BP), analyzed bioproxies (O: ostracods, Q: chironomids) and main environmental and climatic trends from the Pampean, Cuyo and the Puna (Noroeste) regions, as described in the text.

actuales, esta asociación representa un ambiente con alta conductividad que sugiere deficiencia hídrica (evaporación > precipitación) al menos para la transición Pleistoceno/Holoceno. Whatley y Cusminsky (1999) han señalado que *L. rionegroensis* puede ser indicadora de ambientes con intensa evaporación por encontrarse especialmente en ambientes con una alta concentración salina rica en sulfatos. De acuerdo a Bradbury *et al.* (2001) la laguna Cari-Laufquen muestra varios ascensos de nivel durante el Pleistoceno tardío-Holoceno, algunas de las cuales pueden ser coincidentes con el Último Máximo Glacial (~18.000 años AP) y con el último registro glacial pleistocénico alrededor de los 13.000 años AP. Esto indica que en el área habría habido un aumento de la precipitación, probablemente asociada a un incremento de la movilidad de las células polares o los frentes provenientes desde Antártida y del sector más austral de América del Sur (Cusminsky *et al.*, 2011), pero debe tenerse en cuenta que, aún en estas condiciones, estos ambientes lacustres fueron salinos y turbios (Bradbury *et al.*, 2001).

**Quironómidos.** El lago Mascardi (41°20'S - 71°34'O) fue objeto de numerosos estudios en los cuales los quironómidos aportaron datos significativos. Ariztegui *et al.* (1997) analizaron los cambios en polen y quironómidos combinados con análisis geoquímicos ocurridos durante los últimos 15.000 años. Los resultados muestran que entre los 13.500-12.000 años AP hubo una disminución del polen y de la abundancia total de quironómidos, con un incremento simultáneo en la sedimentación inorgánica y la desaparición de la morfoespecie *Chironomus*. Estos cambios fueron interpretados como un descenso de temperatura acompañado por un incremento en la erosión del glaciar del monte Tronador que alimenta este lago. Este evento frío coincide con el *Younger Dryas*, ocurrido en el Hemisferio Norte entre los 12.600 y los 11.200 años AP. Massaferro y Corley (1998) y Corley y Massaferro (1998) demostraron que eventos catastróficos (como erupciones volcánicas), el mejoramiento climático y las variaciones de nivel del lago durante el periodo post-glacial, afectaron los patrones de diversidad, extinción y migración de los quironómidos en los últimos 15.000 años.

El inventario de las morfoespecies de quironómidos presentes en el lago ha permitido relacionar

los cambios en la abundancia de quironómidos con distintos índices de diversidad y el contenido de materia orgánica sedimentaria (Massaferro, 2000). Los resultados mostraron que los cambios en la fauna de quironómidos estaban relacionados no solamente con la temperatura, sino también con la productividad del lago. Estos estudios ponen de relieve la importancia de los datos históricos en la interpretación de las tendencias actuales de diversidad y los patrones de sucesión, y brindan herramientas para el manejo y la conservación de insectos patagónicos ante cambios futuros.

En el registro sedimentario del lago El Trébol (41°04'S - 71°30'O), los cambios en la abundancia de quironómidos y las variaciones en el flujo polínico y la geoquímica indican fluctuaciones climáticas durante los últimos 14.000 años AP (Bianchi *et al.*, 1997). El incremento de los quironómidos a los 12.500 años AP, junto con el cambio en la abundancia de materia orgánica, sílice biogénica y nutrientes indican cambios en la productividad como consecuencia del mejoramiento climático asociado a la deglaciación. Estudios posteriores permitieron reconstruir la evolución postglacial del paisaje y la biota en la zona aledaña al lago en base a polen, quironómidos, pigmentos fósiles, metales pesados y tierras raras (Bianchi *et al.*, 1999), y proveyeron la base para futuras reconstrucciones climáticas regionales. En la secuencia sedimentaria de 11 m de longitud se reconocen tres zonas sobre la base de los quironómidos, las que corresponden al período postglacial, la transición Pleistoceno/Holoceno y el Holoceno. Los ensambles muestran un reemplazo gradual de especies litorales relacionadas con aportes alóctonos, especialmente abundantes durante la transición Pleistoceno/Holoceno, por un ensamble de especies de hábitos profundos durante el Holoceno, lo que estaría indicando un incremento en la productividad del lago. Los cambios en el polen y en los pigmentos fotosintéticos fueron consistentes con los resultados de quironómidos, sugiriendo un mejoramiento climático en la transición Pleistoceno/Holoceno.

De particular interés son los estudios efectuados por Massaferro *et al.* (2004) sobre un testigo corto del lago Morenito (41°03'S - 71°31'O) situado en los alrededores de San Carlos de Bariloche. La particularidad de este lago radica en que es un sistema cerrado por acción antrópica que hasta 1960 AD formaba parte del lago Moreno Oeste. Debido a

la expansión del casco urbano y de la población de Bariloche, este ambiente experimenta actualmente una moderada eutrofización. El trabajo, basado en datos geoquímicos y de ensambles de quironómidos, demuestra la respuesta a los cambios ambientales, naturales y antrópicos, durante los últimos 200 años. Los mayores cambios en los ensambles de quironómidos se relacionan con el impacto humano, lo que demuestra claramente el potencial de estos insectos como bioindicadores de productividad.

Por otra parte, Massafarro *et al.* (2009) realizan una reconstrucción climática desde el Último Máximo Glaciar hasta el presente en el sitio Huelmo (41°31'S – 73°00'O, Chile), utilizando polen y quironómidos fósiles. Este trabajo de alta resolución demuestra que en ambos *proxies* responden a cambios del clima y las precipitaciones, en particular periodos fríos/cálidos y secos/húmedos a lo largo de toda la secuencia sedimentaria. Posteriormente, Massafarro *et al.* (2014) proponen una reconstrucción cuantitativa de temperatura en base a quironómidos para el mismo sitio. El modelo es robusto y las inferencias de temperatura están de acuerdo con trabajos previos realizados en el área verificándose una reversión climática similar al *Younger Dryas* pero de mayor amplitud temporal. La reconstrucción cuantitativa sugiere un calentamiento vinculado a la deglaciación hasta los ~15.000 años AP seguido por condiciones estables hasta los 13.200 años AP, cuando comienza una fase fría que persiste hasta los 11.500 años AP. Esta reversión climática estaría relacionada con el *Antarctic Cold Reversal* (ACR) y/o con el evento *Huelmo Mascardi Cold Reversal* (HMCR), sugerido por varios autores para la misma latitud (Ariztegui *et al.*, 1997; Bertrand *et al.*, 2007). La terminación de este evento coincide con el comienzo del Holoceno, sugiriendo una simultaneidad interhemisférica de mecanismos climáticos (*cf.* Pedro *et al.*, 2011).

### Patagonia Central (~44° - 49°S) (Fig. 1, Tabla 1)

**Ostrácodos.** El lago Cardiel (49°S) está ubicado a unos 200 km al este de los Andes, a una altura de 276 msnm. El lago tiene forma subcircular de aproximadamente 20 km de diámetro y una profundidad máxima de 76 m. La precipitación media anual sobre el lago es baja (160 mm), aunque en su cuenca de drenaje, ubicada hacia el oeste, la precipitación media anual puede alcanzar los 500 mm. La temperatura media es de aproximadamente 8°C y predominan los vientos del

oeste especialmente durante los meses de verano (Gilli *et al.*, 2001, 2005a,b; Markgraf *et al.*, 2003; Ariztegui *et al.*, 2008, 2010).

El testigo PCAR 99-7 obtenido de este lago tiene una longitud de 11,11m (Gilli *et al.*, 2005a). En el testigo se reconocen 6 unidades litológicas; la base, unidad 6, está caracterizada por arcilla limosa finamente laminada con restos vegetales identificados como *Ruppia?* sp. y niveles de tefra. Le continúan hacia arriba las unidades 5 y 4 constituidas por arcilla limosa oscura con lentes o capas de arena y grava, en tanto las unidades 3, 2 y 1 están caracterizadas por sedimentos finos laminados con alternancia de capas carbonáticas y capas más oscuras (*véase* Gilli *et al.*, 2005b para más detalles). La secuencia abarca desde el Pleistoceno tardío (15.600 años AP a los 11,09 m) hasta el Holoceno tardío (3.100 años AP a los 11,45 m) (Cusminsky *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos a partir del estudio de ostrácodos indican un cambio en el balance hidrológico desde condiciones secas durante el Pleistoceno tardío a condiciones más húmedas hacia el Holoceno temprano y medio. Durante el Holoceno tardío se observa un descenso del nivel del lago sugiriendo una disminución de la humedad disponible en el área. Esta interpretación es consistente con los datos sísmicos y sedimentológicos obtenidos por Gilli *et al.* (2005b) y Ariztegui *et al.* (2008), quienes sugieren que estos cambios podrían deberse a un aumento de los vientos del oeste.

**Quironómidos.** El primer trabajo de reconstrucción climática de alta resolución basado en quironómidos en América del Sur fue efectuado por Massafarro y Brooks (2002) a partir del registro de la laguna Stibnite (46°25'S - 74°24'O, península de Taitao, Chile), que abarca los últimos 17.000 años. Este trabajo mostró que entre los 13.000 y los 11.200 años AP el clima fue frío y seco. Durante este episodio, los miembros de la subfamilia Podonominae, estenotérmicos fríos, presentan máxima abundancia relativa, lo cual junto con la baja concentración de cápsulas cefálicas, estaría indicando condiciones climáticas similares a las del *Younger Dryas* del Hemisferio Norte. La baja abundancia de cápsulas cefálicas fue interpretada como el reflejo de baja productividad lacustre. La dinámica de los ensambles de quironómidos evidenció además un patrón cíclico que reflejaría cambios en las precipitaciones. Durante el Holoceno inferior (10.600 -7.200 años AP) y el Holoceno tardío

(2.500 – 1.500 años AP), el ensamble *Limnophyes / Chironomus / Phaenopsectra / Parachironomus* indica periodos secos y bajo nivel de las aguas del lago. Este trabajo sugiere cambios en las precipitaciones que pueden haber sido causados por el movimiento latitudinal de los vientos del oeste.

Estudios efectuados sobre quironómidos y polen de un registro sedimentario cubriendo los últimos 16.000 años AP de la laguna Fácil (44°19'S - 74°17'O, Chile) pone de manifiesto que, en ciertas circunstancias, los cambios ambientales regionales pueden estar subordinados a los de carácter local (Massaferro *et al.*, 2005). En el registro de la laguna Fácil no hay evidencias de un período frío correlacionable al observado en la cercana laguna Stibnite, por lo que los autores sugieren que los quironómidos podrían responder a cambios climáticos o ambientales locales más que a cambios regionales.

#### **Patagonia Austral (49° - 52°S) (Fig. 1, Tabla 1)**

**Ostrácodos.** Los estudios sobre ostrácodos en el sector austral de Patagonia comenzaron de manera sistemática sólo recientemente dentro del marco del Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral (PIPA). Estos estudios incluyeron el análisis hidroquímico y la caracterización de los ensambles de ostrácodos, quironómidos y diatomeas de cuerpos de agua en un gradiente O-E entre los 49°-52°S (Ramón Mercau y Laprida, 2010; Ramón Mercau *et al.*, 2010a, b, 2011). El análisis incluyó muestras de agua y sedimentos superficiales de unos 60 cuerpos de agua de lagunas y lagos, y testigos sedimentarios de lagos situados en el ecotono y la estepa de la Patagonia Austral: las lagunas San Ignacio, Huergo, y Cháltel. Los testigos sedimentarios fueron examinados con el objetivo de obtener ensambles de ostrácodos y quironómidos de edad holocena en base a las cuales reconstruir parámetros ambientales climáticamente controlados. Los registros de Huergo y Cháltel serán discutidos posteriormente, conjuntamente con los datos de quironómidos.

La mayoría de los cuerpos de agua estudiados presentan dominancia de composiciones carbonatadas cálcicas. Sólo algunos están dominados por un anión distinto al carbonato; el sulfato es la especie aniónica más abundante en los lagos andinos mientras que composiciones clorurada-sódicas dominan en los lagos de estepa. Las características hidroquímicas de los cuerpos de agua reflejan los

diferentes regímenes hidroclimáticos a los que cada cuerpo está sometido, y que depende esencialmente de la localización geográfica. En términos generales, los más diluidos están localizados en la región andina o en sus inmediaciones en el ecotono, mientras que los que presentan una mayor conductividad suelen estar localizados en la estepa, reflejando los fuertes gradientes de precipitación de la Patagonia extraandina (Ramón Mercau *et al.*, 2012a).

En dichos cuerpos se registraron 30 especies de ostrácodos. Las especies más frecuentes son *Eucypris fontana*, *E. cecryphalium* y *E. virgata*. Algunas especies tales como *Eucypris labyrinthica*, *Amphicypris nobilis*, *Candonopsis brasiliensis* y *Cypridopsis intermedia* fueron previamente citadas para la Patagonia Norte. Las cosmopolitas *Ilyocypris bradyi*, *Heterocypris salina*, *Eucypris virens*, *Chlamydotheca incisa*, *Isocypris beauchampi*, *Penthesilenula incae*, *Darwinula stevensoni* y *Cypris pubera* pueden ser localmente abundantes. Los ensambles son moderadamente diversos: los cuerpos de agua que presentaron mayor riqueza no superaron las 11 especies, y se encuentran sistemáticamente en los ambientes de estepa, donde los cuerpos presentan una moderada concentración de solutos.

Las especies de ostrácodos muestran claras preferencias con relación al campo hidroquímico de las aguas huéspedes, confirmando así su valor como herramientas de reconstrucción ambiental. Así, *Eucypris virgata* se destaca por ser una especie eurihalina, presentando el rango más amplio de tolerancia de salinidad entre las especies evaluadas. Las otras especies muestran preferencias acotadas, mayormente dentro de los rangos limnético y oligohalino; en particular, *Penthesilenula incae* fue hallada exclusivamente en aguas muy diluidas (dentro del rango limnético); *Limnocythere rionegroensis* está presente únicamente en aguas de conductividad elevada, mayormente en el rango mesohalino. Asimismo, es la única especie entre las estudiadas ausente en aguas dominadas por carbonatos de calcio y/o magnesio. En contraposición, *L. patagonica* es indicadora de aguas diluidas y ambientes permanentes. *Penthesilenula incae*, *Eucypris fontana* y *E. cecryphalium* son características de cuerpos de agua diluida con balance hídrico positivo. Estas preferencias justifican algunos patrones de distribución disjunta, como la observada entre *L. rionegroensis* y *L. patagonica* - *E. cecryphalium* y probablemente con otras especies para las cuales

no se cuenta aún con información ecológica suficiente, tal como *Kapcypridopsis megapodus*. Estos datos permitieron el desarrollo de una función de transferencia para la reconstrucción cuantitativa de la salinidad de excelente performance ( $r^2=0,72$  y un error predictivo RMSEP= 0,16) (Ramón Mercau, 2015).

Los testigos sedimentarios analizados han permitido la reconstrucción ambiental para distintas ventanas del Holoceno tardío. La laguna San Ignacio (50°39'S - 70°40'O, 324 msnm) es una pequeña laguna no permanente, somera (< 2 m), de 1,9 km de diámetro máximo. El clima en la zona es semiárido y frío, con temperaturas medias anuales inferiores a 10°C (Coronato *et al.*, 2008); las precipitaciones no superan los 300 mm anuales (Garreaud *et al.*, 2013). La ocurrencia de *L. rionegroensis* como única especie en un testigo corto (62 cm), en algunos niveles con una muy alta abundancia, permite inferir que ha sido un cuerpo de agua de alta salinidad (> 12.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y elevado contenido de cloruro de sodio al menos durante los últimos cientos de años, no descartándose eventos frecuentes de desecación durante el siglo 20. Es muy probable que la concentración de solutos haya estado dentro del rango mesohalino, ya que la elevada productividad y la baja diversidad han sido asociadas con alta salinidad. Al momento del muestreo, la conductividad de la laguna fue de 71.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , resultante de su ubicación geográfica donde prevalece el déficit hídrico (índice de aridez < 0,45; Garreaud *et al.*, 2013).

El registro más austral analizado es de la laguna Carmen (53°41'S - 68°18'O), en la estepa fueguina. Análisis preliminares combinados de propiedades magnéticas y ensambles de ostrácodos y diatomeas sugieren que durante los últimos 3.500 años la laguna Carmen sufrió variaciones moderadas en el nivel de agua sin variaciones sustanciales del grado de oxigenación de la misma. Esto puede deberse a que durante el período considerado la laguna fue poco profunda, o que los fuertes vientos del oeste favorecieron los fenómenos convectivos, impidiendo su estratificación (Ramón Mercau, 2015; Fernández *et al.*, 2015). En base a las funciones de transferencia, se infirieron variaciones en la salinidad de valores bajos a moderados (Ramón Mercau, 2015), eventuales descensos relativos en el nivel del agua en torno a los 3.200 y 1.900 años AP, y cambios en la estabilidad, con mayor variabilidad en la salinidad en los últimos 2.300 años cal BP aproximadamente.

**Quironómidos.** En el extremo sur de la Patagonia, uno de los sitios más intensamente estudiados es la laguna Potrok Aike (51° 58'S–70° 23'O, 113 msnm), en el marco del proyecto ICDP PASADO (*Paleo Archives South America Drilling Objective*). Los cambios geoquímicos y en los ensambles de quironómidos y diatomeas indican un marcado descenso en el nivel del lago entre los 8.700 y los 7.500 años AP (Massaferro *et al.*, 2013). Estos resultados concuerdan con estudios previos basados en datos sísmicos y sedimentológicos de alta resolución (Anselmetti *et al.*, 2009; Gebhardt *et al.*, 2012), los que propusieron un descenso en el nivel del lago de 33 m por debajo del nivel actual asociado a condiciones de sequía severa. Esta fase seca regresiva se habría extendido hasta los 6.750 años AP y estaría relacionada a un aumento en la intensidad de los vientos del oeste, que habrían alcanzado en esta región un máximo durante este período.

Los avances más significativos y de mayor proyección regional se alcanzaron en los últimos años, al desarrollarse dos modelos de inferencia de temperatura basados en quironómidos. Massaferro y Larocque (2013) desarrollan un modelo de temperatura en base a un set de calibración de 63 lagos de la Patagonia austral ( $r^2 = 0,64$  y un error predictivo RMSEP=0,83) y lo aplicaron a la interpretación de un testigo de la laguna Potrok Aike. Las temperaturas del aire inferidas a partir de los quironómidos fueron más frías que el promedio alcanzado durante la transición glacial-postglacial (10,8°C) llegando a un mínimo absoluto (9° C) durante el *Antarctic Cold Reversal* (ACR). Entre los 8.000 – 3.000 años AP, la temperatura estimada fue más cálida, con una tendencia a disminuir hacia el Holoceno tardío.

La diferencia entre la temperatura del aire inferida por los quironómidos y los datos instrumentales de la temperatura media (promedio de estaciones meteorológicas vecinas) entre el 1961 y 1990 fue de 0,6°C, lo cual sugiere que los quironómidos son suficientemente sensibles para reconstruir cuantitativamente la temperatura media del aire en el área del lago Potrok Aike.

Adicionalmente se efectuaron estudios de alta resolución a partir de testigos sedimentarios de la laguna Azul (52°05'S - 63°35'O). Los ensambles de quironómidos incluyen un alto porcentaje de especies criófilas estenotérmicas en el período 1.550-1.840 AD, reflejando temperaturas compatibles con la Pequeña Edad de Hielo (PEH) (Martín *et al.*,

2014a,b), la última expresión del avance Neoglaciario del Holoceno aparentemente global acontecido entre el siglo 16 y mediados del siglo 19. Este trabajo significa el primer registro de la PEH a partir de quironómidos en el extremo sur de Sud América.

### Región Pampeana (Fig. 1, Tabla 2)

**Ostrácodos.** La descripción de las especies de ostrácodos actuales en la región pampeana comenzó con Ramírez (1967), pero el primer estudio tendiente a relacionar la distribución de las especies actuales con las condiciones ambientales para ser aplicados a estudios paleolimnológicos es el realizado por Laprida (2006). El estudio reveló que las distintas especies pueden ser agrupadas de acuerdo a su preferencia por el tipo de agua y la estabilidad del ambiente (*Cyprideis hartmanni*, *Heterocypris similis*, *Limnocythere cusminskyae*), aun cuando algunas de ellas son cosmopolitas (*Cypridopsis vidua*, *Heterocypris incongruens*, *Darwinula stevensoni*).

En base a estos resultados y en combinación con datos geoquímicos, isotópicos, sedimentológicos y geofísicos, se interpretaron los ensambles recuperados lagunas de Chascomús y del Monte o Guaminí, muestreadas dentro del marco del proyecto CAHCILA, representando el gradiente pluviométrico NO-SE que caracteriza a la Región Pampeana (Laprida *et al.*, 2009, 2011). Los testigos sedimentarios cortos de estas lagunas abarcan los últimos 500 años, permitiendo reconstruir las condiciones imperantes durante la PEH, y el inicio del impacto antrópico en la región pampeana.

La laguna Chascomús (35°35'S - 58°02'O; 6,53 msnm) es un cuerpo de agua somero (< 4 m) ubicada en la Cuenca del Salado. Las aguas son de tipo Na-Cl-SO<sub>4</sub>, poco concentradas (TDS~478 ppm) y alcalinas (pH = 8,30). La composición isotópica de las aguas superficiales es la más negativa entre las lagunas muestreadas. El sondeo corto muestra tres secuencias granodecrecientes de unos 20 cm de potencia cada una, compuestas por arenas, limos y limos arcillosos, con variable cantidad de materia orgánica y carbonatos. En lo que se refiere a los ensambles de ostrácodos, tres especies conforman el 99% de la asociación: *Limnocythere cusminskyae* (= *L. sp. aff. staplini*), *Cyprideis hartmanni* y *Heterocypris similis* (Laprida y Valero Garcés, 2009; Laprida *et al.*, 2009). El registro de ostrácodos permitió establecer que alrededor del 1.500 AD la laguna era un cuerpo de

aguas fuertemente alcalinas y disóxicas, propias de un escenario de aguas altas, en respuesta a un clima predominantemente húmedo. A partir del año 1.700 AD y hasta 1.850 AD, en coincidencia con la PEH, el mayor aporte de material detrítico y el incremento del tamaño de grano indicarían la retracción del cuerpo de agua. Las asociaciones de ostrácodos son *Cyprideis*-dominantes, indicando que se trata de un ambiente más salino e inestable asociado a fases secas y ventosas (Laprida y Valero Garcés, 2009). Con posterioridad al 1.850 AD, las asociaciones de ostrácodos indican nuevamente un escenario de aguas altas y el descenso de la conductividad, existiendo intercambios con biotopos temporarios vecinos como consecuencia de los frecuentes anegamientos e inundaciones.

La laguna del Monte (37°00'S, 62°30'O; 100 msnm; 8 m de profundidad máxima) se encuentra en el área de Cuencas Endorreicas del Sudoeste de la provincia de Buenos Aires. La composición del agua es del tipo Na<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, alcalina (pH=9,05) y de alta salinidad (TDS~9.000 ppm). Las aguas del fondo del lago contienen muy poco oxígeno disuelto, lo que sugiere una escasa renovación de las aguas profundas. La base del registro corresponde aproximadamente a 1.450 AD. El sondeo se compone de tres secuencias granodecrecientes, indicando variaciones cíclicas en la profundidad de la laguna que suponen cambios en el nivel de varios metros (Laprida *et al.*, 2009, 2011). Los ostrácodos son muy abundantes, con ensambles prácticamente monoespecíficos de *Limnocythere cusminskyae*, típico de aguas con una relación bicarbonato/calcio baja. En la sección media del testigo, los ensambles más abundantes y la presencia de *Chironomus anthracinus*, indican un escenario de aguas bajas durante el cual predominaron las condiciones eutróficas y anóxicas, correlacionable a la PEH. Con posterioridad, un incremento en la diversidad y la presencia de arenas indica aportes fluviales y un descenso de la salinidad, asociado a la finalización de la PEH.

El registro de la laguna La Brava (37°52'S - 57°59'O, ~5 m de profundidad máxima; 68 msnm), en el Sistema de Tandilia, abarca los últimos 4.800 años (Iruruzún *et al.*, 2014). La hidrología de la laguna es altamente dependiente de las precipitaciones locales. En la actualidad, el clima es templado húmedo a subhúmedo, con una temperatura anual de ~14°C y una precipitación de ~900 mm anuales

(Laprida *et al.*, 2014). El análisis combinado de datos geofísicos, sedimentológicos, geoquímicos y biológicos permitieron reconstruir el balance hidrológico de la laguna (Irurzún *et al.*, 2014). Los niveles del lago fueron predominantemente bajos durante el Holoceno medio (4.600-2.500 años AP) interrumpidos por ascensos esporádicos, y algo mayores durante el Holoceno tardío. Adicionalmente, el estudio conjunto de datos geoquímicos y de los ostrácodos presentes en el registro permitió la reconstrucción de los estados tróficos. Laprida *et al.* (2014) propusieron un modelo conceptual que describe la sucesión de los estados claros (mesotróficos con predominio de macrófitas) y turbios (eutróficos con predominio de fitoplancton) que caracterizan a los lagos someros pampeanos, relacionándolos con cambios en los valores relativos de precipitación/evaporación. Entre 4.700-4.500 años AP predominaron los estados turbios asociados a niveles altos del lago; con posterioridad y hasta los 2.000 años AP, niveles del lago menores dieron lugar al establecimiento de estados claros. Fuertes y/o recurrentes sequías a los 4.000-4.200 años AP y entre 3.400-2.600 años AP forzaron recurrentemente cambios a estados turbios inorgánicos. El incremento en el nivel del lago y una mayor productividad asociadas a un aumento en las precipitaciones provocaron el cambio nuevamente a un estado turbio a partir de los 2.000 años AP, puntuado por un descenso del nivel del lago que promovió estados claros centrado a los 1.500 años AP. El establecimiento de un lago de aguas turbias de origen inorgánico marca las condiciones frías y secas asociadas a la PEH alrededor de 1.700 AD.

### Cuyo (Fig. 1, Tabla 2)

Los estudios en la región de Cuyo son aún escasos. Recientemente D'Ambrosio (2014) analizó los ensamblajes actuales y fósiles de testigos de la laguna de Llanquanello (35°-36°30'S, 68°30'-70°O, 1330 msnm), ubicada en la zona extrandina de Mendoza a unos 70 km de los Andes. En el mencionado trabajo se caracterizan los ensamblajes actuales de la laguna y su entorno, junto con el análisis de testigos sedimentarios. Las variaciones en la estructura de los ensamblajes fósiles, junto con los elementos traza (Ba/Ca) de las valvas, permitieron bosquejar un esquema de evolución ambiental de baja resolución que abarca los últimos 30.000 años, en el cual se

reconocen la alternancia de momentos de menor y mayor disponibilidad hídrica en escalas mileniales (D'Ambrosio, 2014).

### Región Noroeste: la Puna (Fig. 1, Tabla 2)

**Ostrácodos.** Los estudios paleolimnológicos basados en los bioproxies aquí presentados son escasos en el noroeste de nuestro país. Los estudios sobre ostrácodos actuales de la Puna argentina comenzaron sólo recientemente (Laprida *et al.*, 2005a,b, 2006; Di Micco, 2012). Se reconocieron 13 especies de ostrácodos de un total de 28 cuerpos muestreados, incluyendo ambientes lóticos y lénticos. La especie más ampliamente distribuida es *Hemicypris panningi*. Habita vegas con abundante vegetación, tanto en microambientes de aguas estancadas como corrientes, en cuerpos de agua con altitudes entre los 3.300 y 3.400 msnm y un amplio rango de conductividad. *Penthesilenula kohanga*, *P. incae*, *Limnocythere bradburyi* y *Cypridopsis fuhrmanni* constituyen otras de las principales especies en el área de estudio. La primera suele estar presente en cuerpos de agua corriente mientras que *Cypridopsis fuhrmanni* se la encuentra generalmente en asociación con *Hemicypris panningi*. En las vegas de altura se recuperó una gran diversidad de Limnocytheridae pero la resolución taxonómica es aún baja para este particular grupo que presenta marcadas variaciones fenotípicas, por lo que la mayor parte de los taxones permanecen aún en nomenclatura abierta. Los ensamblajes presentan baja abundancia y diversidad (Laprida *et al.*, 2005b).

Los datos recuperados de ambientes actuales (Laprida *et al.*, 2005b, 2006; Di Micco, 2012), conjuntamente con datos sedimentológicos (facies y asociaciones de facies) y datos diatomológicos se utilizaron para reconstruir la historia holocena a partir de testigos y calicatas de la laguna Colorada (26°01'S - 67° 26'O, 3.420 msnm), actualmente un salar con predominio de precipitación evaporítica. Las asociaciones de facies y las asociaciones de ostrácodos permitieron reconocer que el ámbito de la laguna Colorada habría actuado, al menos en los últimos 9.000 años como un mosaico de microcubetas generadas por deflación eólica durante los momentos más secos del Holoceno temprano. Durante el Holoceno medio prevaleció una sedimentación en ambientes aluviales y de barreales secos correspondiente a un momento

particularmente árido. Un cambio de régimen y una mayor humedad efectiva alrededor de 3.400 años AP marca el establecimiento de un lago semipermanente (Di Micco, 2012). Se reconocen pulsos de mayor humedad con picos a los 3.400 años AP, a los 1.800 años AP y a los 1.300 años AP, que coinciden sólo parcialmente con los pulsos de humedad propuestos para otros sectores de la Puna argentina y chilena. Con posterioridad a los ~1.000 años AP, estos sistemas se habrían desactivado, prevaleciendo las condiciones actuales.

### **RECONSTRUCCIONES MULTI-BIOPROXIES: EL ANÁLISIS CONJUNTO DE OSTRÁCODOS Y QUIRONÓMIDOS**

Las reconstrucciones que utilizan más de un bioindicador (aproximaciones *multibioproxy*) son indispensables especialmente cuando no existe una sola variable sino un *set* complejo de variables interactuando que determinan la distribución y abundancia de los distintos grupos de organismos (Birks y Birks, 2006). Dada la complejidad de los sistemas lacustres, la distribución de invertebrados como los ostrácodos y los quironómidos suele estar gobernada por un elevado número de variables bióticas y abióticas que pueden ser difíciles de identificar. En estos casos, el análisis conjunto de bioindicadores que expresen de manera independiente las variaciones de las diferentes variables ambientales permitirá determinar cuál es la variable que está liderando la dirección de cambio de otras variables secundarias, permitiendo una reconstrucción robusta y confiable (Birks *et al.*, 2010).

Si bien ostrácodos y quironómidos son componentes importantes de los ecosistemas lacustres actuales, no siempre aparecen conjuntamente en el registro sedimentario. Su presencia y distribución está determinada en cada caso por dimensiones particulares de los nichos efectivos, por lo que en algunos casos la ausencia de alguno de los grupos puede deberse a condicionantes ambientales, al presentar los cuerpos de agua ciertos rangos en determinados parámetros que resultan incompatibles con alguno de los grupos (por ejemplo, la conspicua ausencia de quironómidos en ambientes mesohalinos o de ostrácodos en ambientes oligotróficos). Sin embargo, en algunos casos esta aparente distribución disjunta se debe a cuestiones diagenéticas que son las

que, en última instancia, determinan los potenciales relativos de preservación de las partes fosilizables. En la Patagonia, donde el fuerte gradiente oeste-este de precipitaciones determina la cobertura vegetal, el régimen hidrológico y la salinidad de los cuerpos de agua, la combinación de las condicionantes ambientales y diagenéticas determinan que los ostrácodos sean relativamente escasos en la región andino-patagónica, donde los quironómidos son abundantes, y dominantes en la estepa, donde los quironómidos son relativamente poco frecuentes.

En nuestro país, la utilización conjunta de ostrácodos y quironómidos ha tenido excelentes resultados en la Patagonia Austral y en la Región Pampeana, en donde los trabajos han comenzado solo recientemente (Ramón Mercau *et al.*, 2010a, 2011, Montes de Oca *et al.*, 2014).

#### **Patagonia Austral (Fig. 1, Tabla 1)**

Uno de los registros en donde han podido estudiarse conjuntamente ostrácodos y quironómidos, conjuntamente con diatomeas, es la laguna Cháltel (49°57'S - 71°06'O, 788 msnm). Este cuerpo de agua es un lago oligohalino de cráter de carácter permanente, localizado en una meseta volcánica localmente llamada "Pampa Alta" en la provincia de Santa Cruz, a unos 75 km de la laguna Huergo. La cuenca del lago es casi circular, con un diámetro de alrededor de 2.500 m y una profundidad máxima de 41 m. La misma se encuentra rodeada por las escarpadas paredes del cráter, que se alzan a unos 40 m sobre la superficie actual del lago. El clima en la zona es semiárido y frío con temperaturas medias anuales inferiores a 10°C, con un rango medio anual de temperaturas entre 10° y 16°C (Coronato *et al.*, 2008). Se reconstruyeron los cambios hidrológicos en base a análisis geoquímicos, físicos y biológicos registrados desde el Holoceno medio (4.700 años AP) hasta el presente (Massaferro *et al.*, 2010; Ramón Mercau *et al.*, 2010a; Maidana *et al.*, 2010; Ohlendorf *et al.*, 2014). Los resultados revelan marcadas fluctuaciones en el nivel y la salinidad del agua. En la parte inferior del registro, los *proxies* analizados indican la existencia de un ambiente efímero y salino del tipo *playa lake*, con un marcado evento de desecación en torno a los 4.000 años AP, correlacionable con el Evento Frío 4,2 ka, reconocido en distintas partes del mundo. Con posterioridad, se desarrolla un lago salino. A partir de los 3.200 años

AP y a los 2.700 años AP el nivel del lago aumenta provocando la dilución de las aguas.

La reconstrucción de la salinidad efectuada en base a la función de transferencia con ostrácodos confirma que entre los 4.600 - 2.700 años AP el balance hídrico habría sido muy desfavorable, con el dominio de aguas sometidas a evaporación y cloruro-dominadas dentro del rango mesohalino. A partir de los 2.700 años AP, el balance hídrico habría tenido valores más positivos, como se evidencia en la disminución de los valores de salinidad reconstruidos y la transición a una composición de predominantemente bicarbonatada cálcica y/o magnésica. Hacia 1.500 años AP, Cháltel se habría vuelto un cuerpo de aguas permanentes de salinidades oligohalinas, permaneciendo en dicha condición hasta el presente. A la escala analizada, el aporte de agua en la laguna está asociado al régimen de precipitaciones en la cuenca de drenaje, ya sea por precipitación directa sobre la superficie, escorrentía superficial o el aporte de sus tributarios temporales, por lo que es probable que las precipitaciones hayan sido bajas en la región entre 4.600 y 2.700 años AP para luego aumentar durante el transcurso del Holoceno tardío.

La laguna Huergo (51°44'S - 72°04'O, 157 msnm) se encuentra en el ecotono entre el bosque andino-patagónico y la estepa, a unos 100 km al este del extremo sur del Campo de Hielo Patagónico Sur. El clima del área es subhúmedo, frío y de carácter transicional (Coronato *et al.*, 2008). El registro sedimentario (41 cm) consta de fangos arenosos y arena media con abundantes restos de macrófitas, gasterópodos y restos de bivalvos y abarca los últimos 6.500 años. Los ostrácodos están representados por *Kapcypridopsis megapodus* como especie dominante; *Eucypris virgata*, *Limnocythere patagonica*, *Penthesilenula incae*, *E. fontana* y *E. cecryphalium* constituyen especies acompañantes (Ramón Mercau *et al.*, 2012b). La estructura de los ensambles sugiere bajas salinidades, dentro del rango oligohalino-limnético. La abundancia de individuos es relativamente baja. Las estimaciones de salinidad reconstruidas a partir de los ensambles de ostrácodos indicarían oscilaciones en el nivel de la laguna asociadas a cambios menores en el balance hídrico en escalas multiseculares. Las características de la cuenca de drenaje sugieren que el aporte de agua está asociado a precipitaciones locales, que habrían compensado a las pérdidas evaporativas a

partir del Holoceno medio. La salinidad no parece haber variado sustancialmente, aunque las especies presentes muestran importantes variaciones en su abundancia. Dado que la mayoría de las especies encontradas poseen similares afinidades hidroquímicas, estas variaciones no estarían forzadas por cambios en el tipo de agua, sino por algún otro factor que determina la estructura de las comunidades. Asimismo, la mayor parte de las especies encontradas habitan cuerpos de agua permanentes. Este hecho, junto con la presencia de carofitas a lo largo de toda la columna sedimentaria, indicaría que la laguna no sufrió períodos de desecación o aumentos bruscos de salinidad al menos en los últimos 5.400 años. Las variaciones en la granulometría de los sedimentos indican que estas variaciones de salinidad reflejan cambios en el nivel de la laguna. La base del testigo se habría depositado en una zona litoral. La secuencia granodecreciente indica un aumento en el nivel de la laguna hacia los 3.400 años AP. Los valores menores de salinidad y mayor nivel de la laguna habrían ocurrido alrededor de los 3.000 años AP. Con posterioridad habría ocurrido un nuevo descenso del nivel del lago, con el desarrollo de facies marginales. Alrededor de los 300 años AP, una brusca disminución de la granulometría y la composición de los ensambles de ostrácodos indican una dilución de las aguas por mayor aporte y un aumento en el nivel del lago. Las variaciones en balance hídrico inferidas podrían atribuirse a posibles variaciones en la intensidad de los vientos del Oeste. Existe una relación inversa entre la intensidad de los vientos y la estacionalidad (Garreaud *et al.*, 2013), por lo que una disminución en la intensidad de los vientos implicaría una disminución en la evapotranspiración potencial y la mayor penetración concomitante de masas de aire húmedas provenientes del Atlántico, las que habrían aportado mayor humedad a esta zona de la estepa patagónica.

### Región Pampeana (Fig. 1, Tabla 2)

Estudios combinados de ostrácodos, quironómidos, pigmentos fósiles, datos geoquímicos y datos geofísicos también han permitido la reconstrucción hidrológica y de estados tróficos en la laguna La Barrancosa (37°19'S - 60°06'O) a partir de 1.900 AD (Plastani *et al.*, 2012, 2013, 2014; Montes de Oca *et al.*, 2014). Con anterioridad a esa fecha, se infieren ambientes lóticos temporarios con marcada

escorrentía lo que revela un balance negativo de precipitación/evapotranspiración. Con posterioridad a 1.900 AD, el aumento en la abundancia absoluta de los *bioproxies* y el comportamiento de los proxies geoquímicos permiten postular la existencia de un ambiente léntico permanente. Entre 1.980 AD y 1.990 AD, los indicadores biológicos marcan un cambio hacia un ambiente productivo. Este cambio puede ser atribuido al salto climático evidenciado entre 1.976/1.977 AD para la región pampeana, lo que favoreció la eutrofización y la turbidez de las aguas. Esta tendencia se incrementa a partir de 1.990 AD. El establecimiento y aumento en la abundancia de *Polypedilum*, *Procladius*, *Chironomus* y *Goeldichironomus* junto al reemplazo de *Limnocythere solum* por *Limnocythere cusminskyae* y el aumento de los derivados de la clorofila, permite postular el establecimiento de un lago eutrófico-hipereutrófico oligohalino de carácter permanente asociado al impacto antrópico (Plastani *et al.*, 2014; Achaga *et al.*, 2013; Montes de Oca *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

Los ostrácodos y quironómidos son artrópodos que habitan frecuentemente los ambientes lénticos de la república Argentina y cuya distribución es sensible a parámetros ambientales climáticamente determinados. Las características físicas y químicas de los cuerpos de agua que habitan y las características climáticas de su entorno determinan la composición de los ensambles y la biodiversidad en las distintas ecorregiones de la Argentina. Dado que las especies y taxones cuaternarios están presentes en los ambientes actuales, es posible conocer los requisitos ecológicos de cada uno de ellos y aplicar este conocimiento, mediante diversas técnicas cualitativas y cuantitativas multivariadas, a la reconstrucción de ciertos parámetros de los ambientes cuaternarios.

El número creciente de investigaciones de los últimos años que integran datos actuales y fósiles, frecuentemente a través de sets de calibración, ha permitido mejorar la interpretaciones paleolimnológicas basadas en ostrácodos y quironómidos, e incorporarlas a estudios inter- y transdisciplinarios que incluyen desde otros *bioproxies* (polen, diatomeas) hasta datos geoquímicos e isotópicos.

Si bien este tipo estudios se efectuaron desde el extremo sur de la Patagonia hasta la Puna, en el

extremo norte de nuestro país, probablemente los mejores resultados fueron obtenidos en la región Patagónica, en parte por el interés que esta región ha suscitado como área clave para comprender la evolución del clima hemisférico cuaternario, pero también por la calidad de los archivos sedimentarios lacustres de sus cuencas, que presentan excelente resolución temporal y pueden abarcar hasta el Último Máximo Glaciar. En comparación, los lagos de la estepa patagónica, que pueden ser potencialmente más sensibles a los cambios ambientales, suelen poseer registros discontinuos, como consecuencia del marcado déficit hídrico que presenta el área con relación a la región andina, lo que limita también la biodiversidad. A pesar de la buena calidad de los registros patagónicos, la enorme extensión de la región hace a veces difícil el conocimiento preciso de la posición sistemática y la ecología de los taxones involucrados, lo que va en desmedro de la calidad de las reconstrucciones. Por su parte, los registros lacustres pampeanos abarcan sólo el Holoceno, pero han permitido reconstruir la historia trófica, los patrones de precipitación y sus gradientes en una de las regiones socio-económicamente más importantes de nuestro país, aunque muchas veces, al igual que en los lagos andinos patagónicos, los filtros tafonómicos limitan las interpretaciones.

Los resultados obtenidos hasta el presente corroboran el potencial de estos organismos como bioindicadores en la reconstrucción paleoambiental del Cuaternario en distintas ventanas temporales y escalas de frecuencia, desde el Pleistoceno tardío hasta la Pequeña Edad de Hielo y el impacto antrópico del siglo 20, pero también marcan algunas limitaciones que requieren mayor desarrollo. Por un lado, la necesidad de incrementar las investigaciones sobre taxonomía, biodiversidad, distribución y requisitos ecológicos actuales de ostrácodos y quironómidos con el objetivo de, bajo una perspectiva eminentemente actualista, mejorar las interpretaciones paleoautoecológicas y paleosinecológicas. Asimismo, este conocimiento permitirá el mejoramiento de los sets de calibración existentes para la Patagonia y extenderlos a otras regiones, con ambientes y especies que abarquen gradientes amplios, lo que permitirá el desarrollo de funciones de transferencia robustas y la reconstrucción cuantitativa de ciertos parámetros climáticos y climato-dependientes. Este tipo de desarrollo cuantitativo resulta esencial para la alimentación de los modelos

climáticos que simulan los climas pasados y futuros. Por otro lado, incrementar la producción de registros *multiproxy* e independientes en cada una de las regiones permitirá validar la consistencia de estas reconstrucciones cuantitativas. En ausencia de datos instrumentales históricos, esta comparación es la mejor opción para evaluar el potencial del *proxy* en reconstruir una variable.

## Agradecimientos

Los trabajos fueron financiados con los proyectos CONICET-DFG. D103, UBACyT 20020110100153 y PIP 2142001100100014 (CL), PICT 2010-0082; PIP 2009-00819 y 2013-00021 y UNCoB 166 (G. Cusminsky), PIPA Proyecto Redes ANPCyT N° 2338 (JM). GC desea agradecer a la Srta. Victoria Amos por la sistematización de los datos referidos a Patagonia Norte. CL y JM agradecen a Walter Blanco y a Rodrigo Martín por su activa participación en los trabajos de muestreo en la Patagonia Austral, y a Natalia García por la confección del mapa. Nuestro sincero agradecimiento a la excelente labor de los Dres. Laura Ferrero y Manuel Palacios-Fest quienes actuaron como revisores mejorando el manuscrito con sus críticas, comentarios y sugerencias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achaga, R., C.S. Gogorza, F. Cianfagna, M.F. Montes de Oca, M.S. Plastani, M.J. Orgeira y C. Laprida, 2013. Preliminary rock magnetic and bioproxies results from a short sediment core of Laguna La Barranca (Buenos Aires, Argentina). *LATINMAG 2013* Resumen en CD. Montevideo.
- Anselmetti, F., D. Ariztegui, M. De Batist, C. Gebhardt, T. Haberzettl, F. Niessen, C. Ohlendorf y B. Zolitschka, 2009. Environmental history of southern Patagonia unraveled by the seismic stratigraphy of Laguna Potrok Aike. *Sedimentology* 56:873-892.
- Ariztegui, D., M.M. Bianchi, J. Massaferrero, E. Lafargue y F. Niessen, 1997. Interhemispheric synchrony of Late-glacial climatic instability as recorded in proglacial Lake Mascardi, Argentina. *Journal of Quaternary Science* 12:333-338.
- Ariztegui, D., F.S. Anselmetti, A. Gilli y N. Waldmann, 2008. Late Pleistocene environmental changes in Patagonia and Tierra del Fuego: a limnogeological approach. En J. Rabassa (Ed.), *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. Elsevier, Development in Quaternary Sciences 11, London:241-253.
- Ariztegui, D., A. Gilli, F.S. Anselmetti, R.A. Goñi, J.B. Belardi y S. Espinosa, 2010. Lake-level changes in central Patagonia (Argentina): crossing environmental thresholds for Lateglacial and Holocene human occupation. *Journal of Quaternary Science* 25:1092-1099.
- Bertrand, S., F. Charlet, B. Charlier, V. Renson y N. Fagel, 2007. Climate variability of southern Chile since the Last Glacial Maximum: a continuous sedimentological record from Lago Puyehue (40°8S). *Journal of Paleolimnology* 39:179-195.
- Bianchi, M.M., J. Massaferrero, G. Román Ross, R. Del Valle, A. Tatur y A. Amos, 1997. The Pleistocene-Holocene boundary from cores of Lake El Trébol, Patagonia, Argentina. *Archiv für Limnologie* 26:805-808.
- Bianchi, M.M., J. Massaferrero, G. Roman Ross y A. Lami, 1999. Geochemical and biological tracers of climate fluctuations during Late Pleistocene and Holocene in Lake El Trébol, Northern Patagonia, Argentina. *Journal of Paleolimnology* 22:137-148.
- Binford, M.W., 1982. Ecological history of Lake Valencia, Venezuela: interpretation of animal microfossils and some chemical, physical and geological features. *Ecological Monographs* 52:307-333.
- Birks, H.H. y H.J.B. Birks, 2006. Multi-proxy studies in paleolimnology. *Vegetation History and Archaeobotanica* 15:235-251.
- Birks, H.J.B., O. Heiri, H. Seppä y A.E. Bjune, 2010. Strengths and Weaknesses of Quantitative Climate Reconstructions Based on Late-Quaternary Biological Proxies. *The Open Ecology Journal* 3:68-110.
- Bradbury, J.P., M. Grosjean, S. Stine y F. Sylvestre, 2001. Full and Late Glacial records along the PEP1 Transect: Their role in developing interhemispheric paleoclimate interactions. En V. Markgraf (Ed.), *Interhemispheric Climate Linkages*, Academic Press, San Diego:265-292.
- Brehm, V., 1934. Über südamerikanische Ostrakoden Zoologischen Staatinstitutes und Museums in Hamburg. *Zoologischen Anzeiger* 108:78-85.
- Brooks, S.J. y H.J.B. Birks, 2000. Chironomid-inferred late-glacial air temperatures at Whitrig Bog, south-east Scotland. *Journal of Quaternary Science* 15:759-764.
- Corley, J.C. y J. Massaferrero, 1998. Long-term turnover of a fossil community of chironomids (Diptera) from Lake Mascardi (Patagonia, Argentina). *Journal of the Kansas Entomological Society* 71:407-413.
- Coronato, A., F. Coronato, E. Mazzoni y M. Vázquez, 2008. Physical geography of Patagonia and Tierra del Fuego. En J. Rabassa (Ed.), *Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. Elsevier, Development in Quaternary Sciences 11:13-56.
- Coviaga, C., G. Cusminsky, A.P. Pérez, A. Díaz, A. Schwalb, M. Alperín, F. Viehberg, R. Whatley, D. Ariztegui y V. Markgraf, 2013. Distribution and ecology of freshwater ostracods from northern Patagonia: an approach. *Naturalista siciliano* S 4, 38:83-84.
- Coviaga, C., P. Pérez, L. Ramos y G. Cusminsky, 2014. Distribución de ostrácodos lacustres a lo largo de la provincia de Río Negro: Influencia de los gradientes ambientales. *VI Congreso Argentino de Limnología*, Biología Acuática: 139, La Plata.
- Cusminsky, G.C., P.A. Pérez, A. Schwalb y R.C. Whatley, 2005. Modern lacustrine ostracods from Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 37:431-450.
- Cusminsky, G.C y R.C. Whatley, 2008. Calcareous Microfossils (Foraminifera and Ostracoda) of the Late Cainozoic from Patagonia and Tierra del Fuego: A review. En J. Rabassa (Ed.), *Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*. Elsevier, Development in Quaternary Sciences 11:327-341.
- Cusminsky, G., A. Schwalb, F. Viehberg, D. Pineda, V. Markgraf, D. Ariztegui y A. Gilli, 2010. Utilización de los ostrácodos cuaternarios en lagos patagónicos como indicadores paleoambientales. *X Congreso Argentino de Paleontología y*

*Bioestratigrafía, y VII Congreso latinoamericano de Paleontología*, Actas: 161, La Plata.

- Cusminsky, G.A., A. Schwab, A.P. Pérez, D. Pineda, F. Viehberg, R. Whately, V. Markgraf, A. Gilli, D. Ariztegui y F.S. Anselmetti**, 2011. Late Quaternary environmental changes in Patagonia as inferred from lacustrine fossil and extant ostracodes. *Biological Journal of the Linnean Society* 103:397-408.
- Cwynar, L.C. y A.J. Levesque**, 1995. Chironomid evidence for late-glacial climatic reversals in Maine. *Quaternary Research* 43:405-413.
- D'Ambrosio, S.**, 2014. Reconstrucción paleolimnológica de la Laguna Llanquanelo (Mendoza, Argentina) a través del estudio de ostrácodos del Cuaternario. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 181 pp. (inédito).
- Daday, E.V.**, 1902. Mikroskopische - Süßwasserthiere aus Patagonien. *Termeszetranyi Puzetek* 25:201-313.
- De Deckker, P. y R.M. Forester**, 1988. The use of ostracods to reconstruct continental palaeoenvironmental records. En P. De Deckker, J.P. Colin y J. P. Peypouquet (Eds.), *Ostracoda in the Earth Sciences*, Elsevier, Amsterdam: 175-199.
- Del Rio C.J., H.H. Camacho, M. Aguirre, A. Caramés, G. Cusminsky, C. de Francesco, E. Farinati, S. Gordillo, C. Laprida, S. Miquel y S. Morton**, 2007. Invertebrados del Cenozoico de la Argentina. *Publicación Especial Ameghiniana 50° aniversario*:221-235.
- Di Micco, C.**, 2012. Análisis paleoambiental del Holoceno en Laguna Colorada, Puna Catamarqueña. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 139 pp. (inédito).
- Fernández, M., N.I. Maidana, M. Saleme, C. Laprida, J. Oría y A. Coronato**, 2015. Estudio paleoambiental basado en diatomeas en lagunas de la estepa fueguina. *6to Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas en CD, Ushuaia.
- Galloway, R., V. Markgraf y P. Bradbury**, 1988. Dating shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 1:195-198.
- Garreaud, R., P. López, M. Minvielle y M. Rojas**, 2013. Large-Scale Control on the Patagonian Climate. *Journal of Climate* 26:215-230.
- Gebhardt, A.C., C. Ohlendorf, F. Niessen, M. De Batist, F.S. Anselmetti, D. Ariztegui y B. Zolitschka**, 2012. Seismic evidence of a highly dynamic lake development in Southeastern Patagonia during the Late Pleistocene. *Sedimentology* 59:1087-1100.
- Gilli, A., F. Anselmetti, D. Ariztegui, J. Bradbury, K. Kelts, V. Markgraf y J. McKenzie**, 2001. Tracking abrupt climate change in the Southern Hemisphere: a seismic stratigraphic study of Lago Cardiel, Argentina (49°S). *Terra Nova* 13:443-448.
- Gilli, A., F. Anselmetti, D. Ariztegui, M. Beres, J.A. McKenzie y V. Markgraf**, 2005a. Seismic stratigraphy, buried beach ridges and contourite drifts: the Late Quaternary history of the closed Lago Cardiel basin, Argentina (49°S). *Sedimentology* 52:1-23.
- Gilli, A., D. Ariztegui, F. Anselmetti, J. Mc Kenzie, V. Markgraf, I. Hajdas y R. Mc Culloch**, 2005b. Mid-Holocene strengthening of the Southern Westerlies in South America- Sedimentological evidences from lago Cardiel, Argentina (49°S). *Global and Planetary Change* 49:75-93.
- Holmes, J.A. y A.R. Chivas**, 2002. Ostracod shell Chemistry – Overview. En J.A. Holmes y A.R. Chivas (Eds.), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. Wiley, American Geophysical Union, Geophysical Monograph 131:185-204.
- Horne, D.J., I.J. Slipper y I. Boomer**, 2003. The use of ostracods in palaeoenvironmental studies, or what can you do with an ostracod shell?. *The Paleontological Society Papers* 9:153-179.
- Horne, D.J., B.B. Curry y F. Mesquita-Joanes**, 2012. Mutual Climatic Range methods for Quaternary ostracods. En D.J. Horne, J.A. Holmes, J. Rodriguez-Lázaro y F.A. Viehberg (Eds.), *Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change*. Elsevier, Developments in Quaternary Sciences 17:65-84.
- Irurzún, M.A., C.S.G. Gogorza, A.M. Sinito, M.A.E. Chaparro, A.R. Prieto, C. Laprida, J.M. Lirio, A. Navas y H. Núñez**, 2014. A high-resolution palaeoclimate record for the last 4800 cal. years BP on Lake La Brava, SE Pampas Plains, Argentina. *Geofísica Internacional* 53-54:365-383.
- Ito, E., P. De Deckker y S.M. Eggind**, 2003. Ostracods and their shell chemistry: implications for paleohydrological and paleoclimate applications. *Paleontological Society Papers* 9:119-151.
- Laprida, C.**, 2006. Ostrácodos recientes de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina: ecología e implicancias paleolimnológicas. *Ameghiniana* 43:181-204.
- Laprida, C. y S. Ballent**, 2008. Ostracoda. En Camacho, H.H. (Ed.), *Invertebrados Fósiles 2*, Segunda Edición, Fundación de Historia Natural Félix de Azara - Universidad CAECE, Buenos Aires:599-624.
- Laprida, C. y 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.
- Laprida, C., B. Valero-Garcés, N. Ratto, M.J. Orgeira, A. Navas, L. Edwards, E. Ito, A. Delgado Huertas y A. Moreno**, 2005a. The complex hydrological signature of the Little Ice Age from the Puna to the Pampa reconstructed from lake records. En E. Piovano (Ed.), *Holocene environmental catastrophes in South America: from the lowlands to the Andes* Volume of Abstracts and Field Guide: 29, Mar Chiquita.
- Laprida, C., J. Michel y A. Díaz**, 2005b. Ecología de ostrácodos de Tinogasta (Catamarca) como base para la reconstrucción de paleoambientes holocenos del Noroeste argentino. Reunión de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina. *Ameghiniana* 42:34R.
- Laprida, C., A. Diaz y N. Ratto**, 2006. Ostracods (Crustacea) from thermal waters, southern Altiplano, Argentina. *Micro-paleontology* 52:177-188.
- Laprida, C., M.J. Orgeira y N. García Chaporí**, 2009. El registro de la Pequeña Edad de Hielo en las lagunas pampeanas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65:603-611.
- Laprida, C., B. Valero-Garcés, R. Compagnucci, M.J. Orgeira, A. Navas y E. Ito**, 2011. Cambios ambientales de la pampa bonaerense: memorias y olvidos de las lagunas pampeanas 2. En M. Caballero Miranda y B. Ortega Guerrero (Eds.), *Escenarios de Cambio Ambiental: Registros del Cuaternario en América Latina*, Universidad Nacional Autónoma de México, México:239-270.
- Laprida, C., M.S. Plastani, A. Irurzún, C. Gogorza, A. Navas, B. Valero-Garcés y A.M. Sinito**, 2014. Mid-Late Holocene Climate and Trophic States in a Shallow Lake from the Southern Pampa Plain, Argentina. *Journal of Limnology* 73:325-339.
- Maidana, N., C. Laprida, J. Ramón Mercáu, M. Fey, J. Massaferró y SALSA Science Team**, 2010. Multiproxy reconstruction of hydrological changes during the late Holocene in Chálte

- Lake (Southern Patagonia, Argentina). *1er Workshop Argentino de PASADO y Primer reunión internados Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral* Resúmenes: 38-40, Buenos Aires.
- Markgraf, V., P. Bradbury, A. Schwalb, S. Burns, Ch. Stern, D. Ariztegui, A. Gilli, F. Anselmetti, S. Stine y N. Maidana**, 2003. Holocene paleoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene* 13:581-591.
- Martín, R., J. Massafarro, J. Ramón Mercau, A. Lücke, C. Mayr y C. Laprida**, 2014a. Chironomid record from the Little Ice Age in Laguna Azul, Southern Patagonia (Argentina). *4th International Paleontological Congress*, Abstract Volume: 100, Mendoza.
- Martín, R., J. Ramón Mercau, J. Massafarro, F. Montes de Oca y C. Laprida**, 2014b. Modern chironomid (Insecta: Diptera) distribution in Southern Patagonia (Santa Cruz, Argentina). *6to Congreso Argentino de Limnología*, Resumen en CD, La Plata.
- Massafarro, J. y S.J. Brooks**, 2002. The response of Chironomids to Late Quaternary environmental change in the Taitao Peninsula, Southern Chile. *Journal of Quaternary Science* 17:101-111.
- Massafarro, J. y J. Corley**, 1998. Environmental disturbance and chironomid paleodiversity: 15 kyr BP of history at Lake Mascardi (Patagonia, Argentina). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem* 8:315-323.
- Massafarro, J. y I. Larocque**, 2013. Using a newly developed chironomid transfer function for reconstructing mean annual temperature at Lake Potrok Aike, Patagonia, Argentina. *Ecological Indicators* 24:201-210.
- Massafarro, J. y M. Vandergoes**, 2008. Postglacial Chironomid records from Australia, New Zealand and South America. En S. Elias (Ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, Elsevier, New York:398-409.
- Massafarro, J., S. Ribeiro Guevara, A. Rizzo y M. Arribere**, 2004. Short term environmental changes in Lake Morenito (41° S, Patagonia, Argentina) from the analysis of subfossil chironomids. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14:123-134.
- Massafarro, J., S. Brooks y S. Haberle**, 2005. The dynamics of vegetation and chironomid assemblages during the Late Quaternary at Laguna Fácil, Chonos Archipelago, southern Chile. *Quaternary Sciences Reviews* 24:510-522.
- Massafarro, J., P.I. Moreno, G.H. Denton, M. Vandergoes y A. Dieffenbacher-Krall**, 2009. Chironomid and pollen evidence for climate fluctuations during the last glacial termination in NW Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 28:518-525.
- Massafarro, J., C. Laprida, G. Orpella y J. Ramón Mercau**, 2010. Fossil chironomids and ostracods from a 5000 years- sediment sequence of Laguna El Chálitel, Southern Patagonia, Argentina. *Simpósio Paleontología y paleolimnología: objetivos particulares y comunes. X Congreso Argentino de Paleontología y Biostratigrafía y el VII Congreso Latinoamericano de Paleontología*. Actas en CD, La Plata.
- Massafarro, J., C. Recasens, I. Larocque-Tobler, N.I. Maidana y B. Zolitschka**, 2013. Major lake level fluctuations and climate changes for the past 16,000 years as reflected by diatoms and chironomids preserved in the sediment of Laguna Potrok Aike, southern Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 71:164-171.
- Massafarro, J., I. Larocque, S. Brooks, M.J. Vandergoes, A. Dieffenbacher-Krall y P. Moreno**, 2014. Quantifying climate change in Huelmo mire (Chile, Northwestern Patagonia) during the Last Glacial Termination using a newly developed chironomid-based temperature model. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 399:214-224.
- Mayr, C., C. Laprida, A. Lücke, J. Massafarro, R.S. Martín, J. Ramón Mercau y H. Wissel**, 2014. Lacustrine oxygen Isotopes of ostracods, chironomids and aquatic macrophytes as paleoclimate proxies – Results from a calibration study in Patagonia. *Lotred SA 3rd Symposium: Climate change and human impact in Central and South America over the last 2000 years: observations and models*, Abstract en CD, Medellín.
- Mayr, C., C. Laprida, A. Lücke, R.S. Martín, J. Massafarro, J. Ramón-Mercau y H. Wissel**, en prensa. Oxygen isotope ratios of chironomids, aquatic macrophytes and ostracods for lake-water isotopic reconstructions - results of a calibration study in Patagonia. *Journal of Hydrology*. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.11.001.
- Montes de Oca, F., R. Martín, J. Massafarro y C. Laprida**, 2014. Chironomids as indicators of paleoproductivity in the Pampas region, Argentina. Preliminary results. *6to Congreso Argentino de Limnología*. Actas en CD, La Plata.
- Ohlendorf, C., M. Fey, J. Massafarro, T. Haberzettl, C. Laprida, A. Lücke, N. Maidana, C. Mayr, M. Oehlerich, J. Ramón Mercau, M. Wille, H. Corbella, G. St-Onge, F. Schäbitz y B. Zolitschka**, 2014. Late Holocene hydrological history and evidence for a 4.2 ka BP dry event inferred from the sediments of Laguna Chálitel (southeastern Argentina). *Palaeogeography, Palaeoecology, Palaeoclimatology* 411:229-248.
- Pedro, J.B., T.D. Van Ommen, S.O. Rasmussen, V.I. Morgan, J. Chappellaz, A.D. Moy, V. Masson-Delmotte y M. Delmotte**, 2011. The last deglaciation: timing the bipolar seesaw. *Climate of the Past Discussions* 7:397-430.
- Pineda, D., G. Cusminsky, A. Schwalb y D. Ariztegui**, 2010. Unstable conditions in lake Cari-Laufquen (41°30'08"S; 69°30'28"W), Patagonia, during the late Pleistocene (21000-16000 cal yr BP). *6th Southern Connections Congress Abstracts*: 143, Bariloche.
- Plastani, M.S., C. Laprida, J. Massafarro y A. Lami**, 2012. Late Holocene environmental history of a shallow pampean lake based on fossil pigments and ostracods. *Ameghiniana* 49:154R.
- Plastani, M.S., C. Laprida, J. Ramón Mercau, J. Massafarro y A. Lami**, 2013. Hydrological changes in a small lake at the Pampean region of the South American central plains (Argentina) during the last centuries. *Il Naturalista Siciliano S. IV* 37:297-298.
- Plastani, M.S., F. Montes De Oca, J. Massafarro, A. Lami, A. y C. Laprida**, 2014. Impacto antrópico y climático durante el siglo XX en la Laguna La Barrancosa, Buenos Aires, Argentina. *19º Congreso Geológico Argentino* Resumen en CD, Córdoba.
- Ramírez, F.C.**, 1967. Ostrácodos de lagunas de la provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata nueva serie 10 Zoología* 73:5-79.
- Ramón Mercau, J.**, 2015. *Estudio de la biodiversidad de Ostrácodos actuales y su aplicación en la elaboración de funciones de transferencia para reconstrucciones paleoambientales del Holoceno en la provincia de Santa Cruz (50-52° S)*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 223 pp. (inédito).
- Ramón Mercau, J. y C. Laprida**, 2010. Bioproxies of lacustrine sediments from Southern Patagonia: filling the gap on ostracod biodiversity in the southernmost tip of South America. *1er*

*Workshop Argentino de PASADO y Primer reunión internados Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral* Resúmenes 63-68, Buenos Aires.

- Ramón Mercou, J., N. Maidana, G. Orpella, C. Laprida, J. Massaferrero, M. Fey y SALSA team, 2010a.** Multiproxy reconstruction of hydrological changes during the Late Holocene in Laguna Cháltel (Southern Patagonia, Argentina). *PAGES, Reconstructing Climate Variations in South America and the Antarctic Peninsula over the last 2000 years* Abstracts:128, Valdivia.
- Ramón-Mercou, M, D. Echazú, G. Orpella, C. Laprida y J. Massaferrero, 2010b.** Proyecto Interdisciplinario Patagonia Austral (PIPA) Goals and work in progress. *6th Southern Connection Congress* Abstracts:137, Bariloche.
- Ramón Mercou, J., D. Echazú, G. Orpella, F. Quintana, M. Roggora, C. Laprida, N. Maidana, M.M. Bianchi y J. Massaferrero, 2011.** Modern freshwater organism analysis for quantitative paleoenvironmental reconstructions in southern Patagonia (Santa Cruz., Argentina) *3rd international Passado Workshop*. Actas:38-44, Montreal.
- Ramón Mercou, J., C. Laprida, J. Massaferrero, M. Roggora, G. Tartari, G. y N. Maidana, 2012a.** Patagonian ostracods and hydrochemical characteristics of Southern Patagonian lakes (Argentina): implications for paleoenvironmental reconstructions based on lacustrine records. *Hydrobiologia* 694:235-251.
- Ramón Mercou, J., C. Laprida, M.J. Orgeira, F. Cianfagna, R. Martín, J. Massaferrero, F. Quintana y N.I. Maidana, 2012b.** Multiproxy reconstruction of Holocene lake level variations in Laguna Huelgo (Southern Patagonia, Argentina). *Ameghiniana* 49:R156.
- Ramón Mercou, J., M.S. Plastani y C. Laprida, 2014.** *Limnocythere cusminskyae* n. sp., a New Species in the Pampean Region (Buenos Aires, Argentina). *Zootaxa* 3821:26-36.
- Schwalb, A., 2003.** Lacustrine ostracods as stable isotope recorders of late-glacial and Holocene environmental dynamics and climate. *Journal of Paleolimnology* 29:265-351.
- Schwalb, A, S. Burns, G. Cusminsky, K. Kelts y V. Markgraf, 2002.** Assemblage diversity and isotopic signals of modern ostracodes and host waters from Patagonia, Argentina. *Paleogeography Paleoclimatology, Palaeoecology* 187:323-339.
- Vavra, W., 1898.** Süßwasser-Ostracoden. *Ergebn. Hamburger Magalh. Sammelreise 1892-1893, Naturhist Mus. Hamburg* 2:1-26.
- Viehberg, F., G. Cusminsky, V. Markgraf y A. Schwalb, 2009.** Contribution to the ecology of non marine ostracods (Crustacea) in Patagonia, Argentina. *16º International Symposium on Ostracoda*: 25, Brasilia.
- Walker, R., J.P. Smol, D.R. Engstrom y H.J.B. Birks, 1991.** An assessment of Chironomidae as quantitative indicators of past climatic change. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science* 48:975-987.
- Whatley, R. C. y G.C. Cusminsky, 1995.** Quaternary lacustrine ostracoda from northern Patagonia Argentina. En J. Riha (Ed.), *Ostracoda and Biostratigraphy*, Balkema, Rotterdam:303-310.
- Whatley, R.C. y G.C. Cusminsky, 1999.** Lacustrine ostracoda and late Quaternary palaeoenvironments from the lake Cari-Laufquen region, Rio Negro province, Argentina. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology* 15:229-239.
- Whatley, R. y G. Cusminsky, 2000.** Lacustrine ostracods from Northern Patagonia: a review. En K. Kelts y E. Gierlowsky-Kordesh (Eds.), *Lake basins through space and time*. American Association of Petroleum Geology, Studies in Geology 45:51-590.
- Williamson, C.E., W. Dodds, T.K. Kratz y M.A. Palmer, 2008.** Lakes and streams as sentinels of environmental changes in terrestrial and atmospheric processes. *Frontiers in Ecology and Environments* 6:247-254.
- Williamson, C.E., J.E. Saros, W.F. Vincent y J.P. Smol, 2009.** Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *Limnology & Oceanography* 54:2273-2282.
- Zabert, L.L., 1981** Ostrácodos cuaternarios de Taco Pozo (provincia de Chaco, Argentina) con algunas consideraciones paleoecológicas. *Facena* 4:77-87.
- Zabert, L. y R. Herbst, 1986** Ostrácodos pleistocénicos del arroyo Perucho Verma, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Ameghiniana* 23:224-231.