

OTROS TÍTULOS DE
ASPHA EDICIONES:

Integración de diferentes
líneas de evidencia en la
arqueología argentina
*Gisela Cassiodoro, Anahí Re y
Diego Rindel, editores*

Arqueología precolombina en
Cuba y Argentina
*Odlanyer Hernández de Lara y
Ana María Rocchietti, editores*

Tratados de paz en las pampas.
Los ranqueles y su devenir
político (1850-1880)
Graciana Pérez Zavala

Los militares y el desarrollo
social. Frontera sur de
Córdoba (1869-1885)
Ernesto Olmedo

Arqueometría argentina:
estudios pluridisciplinarios
*Mariano Ramos, Matilde Lanza,
Verónica Helfer, Verónica
Pernicone, Fabián Bognanni, Carlos
Landa, Verónica Aldazabal,
Mabel Fernández, editores*

Patrimonio arqueológico y
megaproyectos mineros en
Argentina. Turismo, desarrollo
y sociedad
Norma Ratto

De los Cacicazgos a San
Cristóbal de La Habana.
Crítica a la leyenda negra del
exterminio indígena en Cuba
*Alexis Rives Pantoja, Juan Pose
Quincosa y Alex Rives Cecin*

Este libro reúne las investigaciones arqueológicas iniciadas en 1998 en las cuencas de los lagos Cardiel y Strobel, en la provincia de Santa Cruz. Así, se presentan e integran los resultados sobre cronología, tecnología, zooarqueología, bioarqueología y motivos rupestres a la luz de las variaciones paleoambientales ocurridas a lo largo de los últimos 10.000 años. En esta discusión también se consideran los procesos acontecidos en momentos históricos, incluyendo la incorporación de estos espacios al paisaje ganadero del siglo XX.

Los resultados, generados en un contexto multidisciplinario, brindan información sobre la evolución de las poblaciones cazadoras recolectoras en una escala regional y su relación con el proceso más amplio del poblamiento humano del sur de la Patagonia.

Lejos de ser un paisaje homogéneamente habitado en el pasado, la imagen que persiste es la de un ambiente heredado, modificado, con distintos pulsos de poblamiento y variadas intensidades de uso por parte de las poblaciones humanas. En definitiva, un largo proceso de ocupación que aún continúa.

Arqueología Historia
Aspha
Patrimonio Sociología Antropología

www.asphaediciones.com.ar



A

arqueología

Goñi | Belardi | Cassiodoro | Re

ARQUEOLOGÍA DE LAS CUENCAS DE LOS LAGOS CARDIEL Y STROBEL

Rafael Goñi | Juan B. Belardi | Gisela Cassiodoro | Anahí Re
Editores

ARQUEOLOGÍA DE LAS CUENCAS DE LOS LAGOS CARDIEL Y STROBEL

POBLAMIENTO HUMANO Y PALEOAMBIENTES EN PATAGONIA

Arqueología Historia
Aspha
Patrimonio Sociología Antropología

Rafael Goñi, Juan Bautista Belardi, Gisela Cassiodoro y Anahí Re son Licenciados en Ciencias Antropológicas de la Facultad de Filosofía y Letras (FFyL) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y Doctores de la Universidad de Buenos Aires, Área Arqueología. Goñi es Investigador del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (INAPL, Ministerio de Cultura de la Nación) y docente en la UBA (FFyL). Belardi es Investigador del CONICET y docente en la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (Unidad Académica Río Gallegos). Re y Cassiodoro son Investigadoras del CONICET y trabajan en el INAPL, siendo también docentes de la UBA (FFyL).

Todos ellos trabajan en arqueología de cazadores-recolectores en Patagonia, habiendo participado y dirigido múltiples proyectos de investigación a lo largo de las últimas décadas y presentado sus resultados en numerosas reuniones científicas en el país y el exterior y publicado trabajos en diversas revistas y libros nacionales e internacionales.

COPIA DE AUTOR

Rafael Goñi, Juan B. Belardi, Gisela Cassiodoro y Anahí Re
Editores

**ARQUEOLOGÍA DE LAS CUENCAS DE
LOS LAGOS CARDIEL Y STROBEL.
POBLAMIENTO HUMANO Y
PALEOAMBIENTES EN PATAGONIA**

Arqueología Historia
AspHA
Patrimonio Sociología Antropología

Primera edición, 2014

Arqueología de las cuencas de los lagos Cardiel y Strobel : poblamiento humano y paleoambientes en Patagonia / Rafael Agustín Goñi ... [et.al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Aspha, 2014.
210 p.: il.; 24x17 cm.

ISBN 978-987-45321-9-0

1. Arqueología Argentina. I. Goñi, Rafael Agustín
CDD 930.182

Fecha de catalogación: 30/09/2014

Diseño y diagramación: Odlanyer Hernández de Lara
Foto de cubierta: Vista del sector de cañadones de la cuenca del lago Cardiel. Foto:
Francisco Guichón.

© Los autores, 2014
Aspha Ediciones
Virrey Liniers 340, 3ro L. (1174)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina
Telf. (54911) 4864-0439
asphaediciones@gmail.com
www.asphaediciones.com.ar

IMPRESO EN ARGENTINA / PRINTED IN ARGENTINA

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

Contribuyen

Flavio Anselmetti

Institute of Geological Sciences and
Oeschger Centre for Climate Change
Research, University of Bern.
flavio.anselmetti@geo.unibe.ch

Daniel Ariztegui

Department of Earth Sciences,
University of Geneva.
daniel.ariztegui@unige.ch

Juan Bautista Belardi

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad
Nacional de la Patagonia Austral, Unidad
Académica Río Gallegos.
juanbautistabelardi@gmail.com

Gustavo Barrientos

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas- División
Antropología, Facultad de Ciencias
Naturales y Museo, Universidad Nacional
de La Plata.
gustavbarrie@yahoo.com.ar

Tirso Bourlot

Universidad de Buenos Aires.
tirso@bourlot.com

Gisela Cassiodoro

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires-Instituto Nacional de
Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
gcassio@hotmail.com

Leyla Ceçuk

Universidad Nacional de la Patagonia
Austral.
leylacecuk@hotmail.com

Mariano Del Papa

División Antropología, Facultad de
Ciencias Naturales y Museo, Universidad
Nacional de La Plata.
mariano.delpapa@gmail.com

Gastón Durou

Universidad de Buenos Aires.
gdurou@yahoo.com

Silvana Espinosa

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas- Universidad
Nacional de la Patagonia Austral, Unidad
Académica Río Gallegos.
silespinosa@gmail.com

Lorena Ferraro

Administración de Parques Nacionales.
ferrarolorena@yahoo.com.ar

Josefina Flores Coni

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Instituto Nacional
de Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
coquequina@yahoo.com.ar

Solana García Guraieb

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires-Instituto Nacional de
Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
solanagg@gmail.com

Adrián Gilli

Geologisches Institut, ETH, Zurich.
adrian.gilli@erdw.ethz.ch

Rafael Agustín Goñi

Instituto Nacional de Antropología y
Pensamiento Latinoamericano-
Universidad de Buenos Aires.
rafaelagustingoni@gmail.com

Francisco Guichón

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Instituto Nacional
de Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
guichonf@hotmail.com

Nelly Lucía Jimenez

Universidad Nacional de la Patagonia
Austral.
lucijimenez626@hotmail.com

Vera Markgraf

Institute of Arctic and Alpine Research,
University of Colorado.
Vera.Markgraf@Colorado.edu

Roberto Molinari

Administración de Parques Nacionales.
rmolinari@apn.gov.ar

Carlos Nuevo Freire

Propietario Estancia La Carlina, Lago
Cardiel – Facultad de Ciencias
Veterinarias, Universidad Nacional de La
Pampa.
cmnuevo@gmail.com

Amalia Nuevo Delaunay

Universidad Alberto Hurtado.
andelaunay@uahurtado.cl

Fernanda Piriz

Universidad de Buenos Aires.
nanapiriz@gmail.com

Anahí Re

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires-Instituto Nacional de
Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
anahire1@gmail.com

Diego Rindel

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires-Instituto Nacional de
Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.
drindelarqueo@yahoo.com

Alfonso Vázquez Mercerat

Anterior propietario Estancia La Siberia,
Lago Cardiel.

Evaluadores

Flavia Carballo Marina

Universidad Nacional de la Patagonia
Austral, Unidad Académica Río Gallegos.

Florencia Gordón

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Facultad de
Ciencias Naturales y Museo, Universidad
de La Plata.

Gabriela Guráieb

Instituto Nacional de Antropología y
Pensamiento Latinoamericano-
Universidad de Buenos Aires.

Laura Miotti

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas- Facultad de
Ciencias Naturales y Museo, Universidad
de La Plata.

Mercedes Podestá

Instituto Nacional de Antropología y
Pensamiento Latinoamericano.

Vivian Scheinsohn

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires-Instituto Nacional de
Antropología y Pensamiento
Latinoamericano.

Hugo Yacobaccio

Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas-Universidad de
Buenos Aires.

ÍNDICE

<i>Agradecimientos y reconocimientos</i>	13
<i>Prólogo</i>	15
Hugo Daniel Yacobaccio	
CAPÍTULO 1	
<i>El Proyecto de arqueología de los lagos Cardiel y Strobel. El poblamiento de la estepa santacruceña</i>	17
Rafael Goñi y Juan Bautista Belardi	
CAPÍTULO 2	
<i>Limnogeología del Lago Cardiel y la reconstrucción de cambios ambientales desde el Pleistoceno tardío</i>	31
Daniel Ariztegui, Adrian Gilli, Flavio S. Anselmetti y Vera Markgraf	
CAPÍTULO 3	
<i>Registro arqueológico y cronología de las ocupaciones cazadoras recolectoras en la cuenca del lago Cardiel</i>	41
Rafael Goñi, Juan Bautista Belardi, Gisela Cassiodoro, Diego Rindel, Solana García Guraieb y Tirso Bourlot	
CAPÍTULO 4	
<i>Tecnología de la cuenca del lago Cardiel</i>	67
Gisela Cassiodoro, Silvana Espinosa, Anahí Re, Juan Bautista Belardi, Amalia Nuevo Delaunay, Fernanda Piriz y Gastón Durou	
CAPÍTULO 5	
<i>Zooarqueología de la cuenca del lago Cardiel</i>	97
Diego Rindel y Tirso Bourlot	
CAPÍTULO 6	
<i>La estructura regional del registro bioarqueológico del área de los lagos Cardiel y Strobel</i>	117
Gustavo Barrientos, Solana García Guraieb, Mariano Del Papa y Gastón Durou	

CAPÍTULO 7	
<i>Las representaciones rupestres de la cuenca del lago Cardiel.....</i>	135
Anahí Re, Lorena Ferraro, Francisco Guichón y Roberto Molinari	
CAPÍTULO 8	
<i>Un lugar muy particular. Caza, convergencia de poblaciones y circulación de información en la meseta del Strobel.....</i>	155
Rafael Goñi, Anahí Re, Juan Bautista Belardi, Josefina Flores Coni y Francisco Guichón	
CAPÍTULO 9	
<i>Marginalidad y adecuación en el siglo XX: dos casos de estudio en la cuenca del lago Strobel.....</i>	187
Amalia Nuevo Delaunay, Rafael Goñi, Nelly L. Jiménez y Leyla Ceçuk	
CAPÍTULO 10	
<i>Las “zonas” lago Cardiel y lago Strobel: algunas consideraciones sobre el poblamiento ganadero inicial.....</i>	199
Carlos Nuevo Freire y Alfonso Vázquez Mercerat	

CAPÍTULO 2

LIMNOGEOLOGÍA DEL LAGO CARDIEL Y LA
RECONSTRUCCIÓN DE CAMBIOS AMBIENTALES DESDE EL
PLEISTOCENO TARDÍO

Daniel Ariztegui, Adrian Gilli, Flavio S. Anselmetti y Vera Markgraf

Introducción

Las cuencas lacustres son sitios ideales para estudiar diferentes procesos geológicos y sus sedimentos son excelentes archivos de cambios en el medio ambiente. Por lo tanto, los sedimentos de lagos modernos y sus equivalentes en el pasado pueden ser usados para reconstruir con un alto grado de certitud diversos parámetros ambientales, tales como temperatura, precipitaciones, etc. El concepto de limnogeología, como fuera definido a principios de los años 80 por Kerry Kelts, tiene como propósito ofrecer una visión integral de los sistemas lacustres. Para alcanzar dicho objetivo se utilizan conceptos y técnicas originalmente desarrolladas en el campo de la oceanografía incluyendo métodos geofísicos, sedimentológicos y geoquímicos (Ariztegui *et al.* 2008; Kelts 1987). Este tipo de investigaciones son pluridisciplinarias por naturaleza y sólo en el último decenio han comenzado a multiplicarse en diferentes áreas geográficas incluyendo Patagonia (*e.g.* Baker *et al.* 2001; Bradbury *et al.* 2001; Brenner *et al.* 2003; Piovano *et al.* 2002, entre otros). A pesar de este sensible aumento en las investigaciones limnogeológicas, el número de trabajos publicados para la zona es aún limitado tanto en lo que concierne a los lagos modernos (Baigun y Marinone 1995; Cielak 1995) como a los depósitos más antiguos (Ariztegui *et al.* 2001, 2008; Iriondo 1989; Zolitzchka *et al.* 2004, 2013 y referencias en el mismo).

Numerosos estudios en cuencas lacustres cerradas han demostrado su utilidad para obtener una reconstrucción de condiciones hidroclimáticas pasadas (por ejemplo Abbot *et al.* 2000; Baker *et al.* 2001; Piovano *et al.* 2002, 2009; Verschuren *et al.* 2000; Zanor *et al.* 2013). Estas cuencas son muy sensibles a cambios en la relación evaporación/precipitación (E/P) aumentando de nivel rápidamente durante períodos de incremento en las lluvias mientras que disminuyen durante intervalos de sequía. Por lo tanto, establecer una curva bien datada de las variaciones del nivel del lago ofrece la posibilidad de reconstruir las condiciones E/P predominantes para la zona a diferentes intervalos temporales. La presencia de bardas y otras evidencias geomorfológicas en superficie permite identificar y datar períodos en los cuales el nivel de lago ha estado más alto que en el presente (por ejemplo, Adams y Wesnousky 1998; Stine y Stine 1990; Thompson 1992). La identificación de períodos de bajo nivel es más compleja pero fundamental, si se quiere obtener una curva completa de las variaciones de nivel. Información detallada sobre dichos períodos de sequía intensa se puede obtener “calibrando” los resultados del perfilaje sísmico de alta resolución con testigos sedimenta-

rios. Combinando diferentes proxies o indicadores, se puede lograr una reconstrucción coherente de los niveles del lago en el pasado (Markgraf *et al.* 2003).

Ubicación geográfica y geología del área

El lago Cardiel está localizado a 49° Lat. Sur en la meseta patagónica, a aproximadamente 200 km al este de la cordillera de los Andes. Este lago con forma de corazón es una cuenca cerrada con una superficie actual de 370 km² y una profundidad máxima de 76 m (Gilli *et al.* 2001). El lago se formó en una depresión de origen tectónico y está rodeado por sedimentos deformados del Cretácico/Terciario y mesetas de basalto de edad terciaria (Feruglio 1950; Heinsheimer 1959; Ramos 1982). Actualmente la baja precipitación promedio de la zona sólo alcanza los 150 mm anuales. Esto se debe al efecto orográfico de la barrera de los Andes (Stern y Blisniuk 2002). El aporte hidrológico de este sistema lacustre está localizado esencialmente hacia el oeste mostrando un marcado gradiente longitudinal que alcanza valores máximos de 500 mm por año. La situación geográfica descrita hace que el lago sea muy sensible a los cambios estacionales en las precipitaciones que están en su gran mayoría regidas por la intensidad de los vientos del oeste. Estudios geomorfológicos previos indican que la zona del lago no fue afectada por los hielos durante la última glaciación y por lo tanto el lago tiene un relleno sedimentario cubriendo de manera continua la deglaciación y la totalidad del Holoceno (Gilli *et al.* 2001). Una rápida observación de imágenes satélite muestra una serie de bardas en el lado este del lago (Figura 1). Galloway *et al.* (1988) describieron estas estructuras como antiguas líneas de costa. Las mismas fueron posteriormente estudiadas en más detalle y datadas utilizando carbono 14 por Stine y Stine (1990). Una de las conclusiones más importantes de los estudios mencionados fue el determinar un aumento de 55 m en el nivel del lago respecto al actual durante el Holoceno temprano (10.900 años calibrados AP). Al mismo le siguió otro aumento intermedio de 21,5 m alrededor de los 6.000 años calibrados AP. Cuatro aumentos subsecuentes de menor envergadura fueron también datados para los últimos 2.500 años calendarios. Los métodos geomorfológicos tradicionales utilizados en los mencionados estudios hacían imposible identificar períodos en los cuales el nivel del lago hubiese estado por debajo del actual. Por esa razón se concibió un estudio limnogeológico de detalle para poder responder a ésta y otras cuestiones que permitirían además reconstruir la historia paleoambiental de la región. El presente artículo resume los principales resultados de estas investigaciones con el ambicioso objetivo de elucidar las posibles relaciones causales entre el clima y el poblamiento de la zona del lago Cardiel durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno.

El clima

El clima de la Patagonia es uno de los pocos en el mundo que está regido casi totalmente por un elemento preponderante que son los vientos del oeste (Prohaska 1976). La cordillera de los Andes, columna vertebral del continente americano, constituye una barrera geográfica principal generando un marcado gradiente longitudinal en las precipitaciones. Del mismo modo, datos meteorológicos del lado oeste de los Andes patagónicos muestran un claro gradiente tanto latitudinal como estacional en la

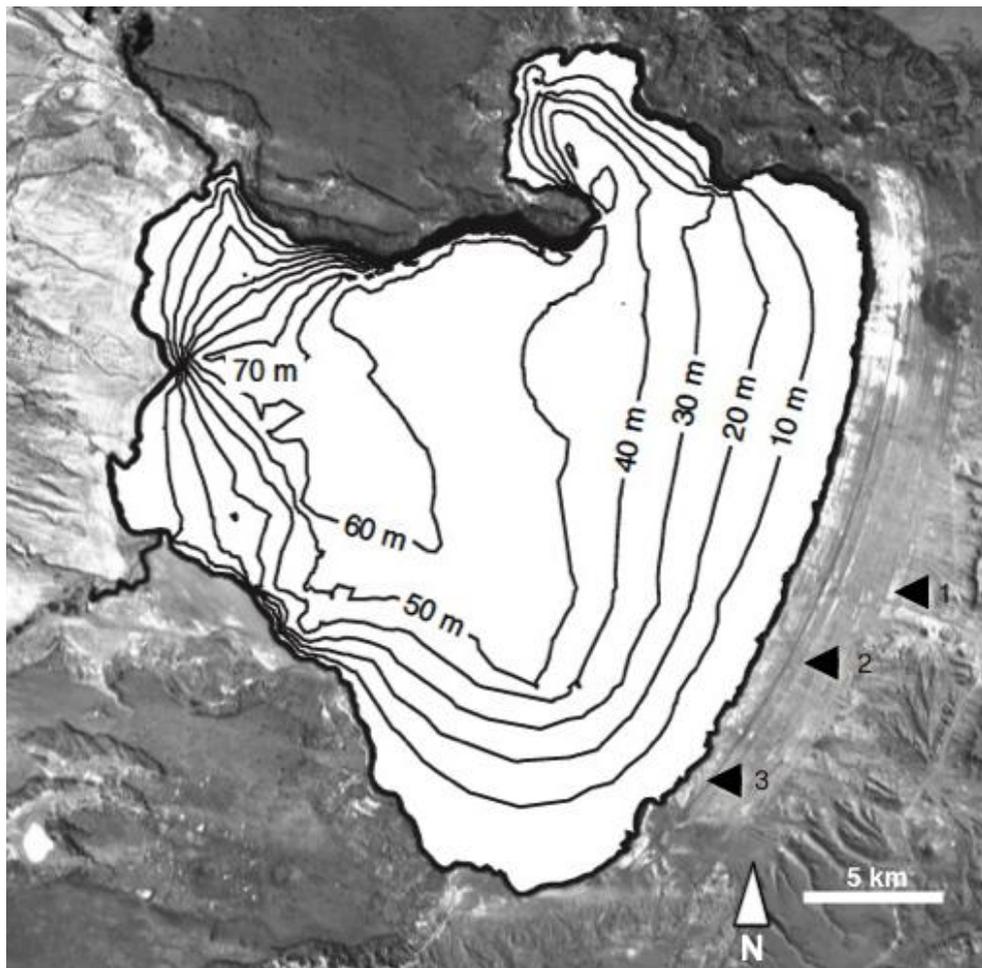


Figura 1. Mapa batimétrico del lago Cardiel diseñado a partir de los perfiles sísmicos. El mismo está superpuesto a la imagen satelital que muestra antiguas líneas de costa que testimonian momentos en el cual el lago estuvo más alto que hoy. Referencias: La flecha 1 corresponde a una barda datada a 10.800 años cal. AP, la 2 a 6.000 años cal. AP y la 3 a 2.500 años cal. AP.

distribución e intensidad de las lluvias. Dicha variación en las precipitaciones reproduce las de la intensidad del cinturón de los vientos del oeste que migran hacia el norte o se pliegan hacia el sur según las estaciones. Sin embargo, un análisis detallado de la circulación atmosférica de los últimos años sugiere un impacto más importante de los vientos del este en las precipitaciones de la Patagonia argentina que el normalmente aceptado (Agosta *et al.* 2014). Pero la situación de variación estacional de los vientos del oeste y de la humedad ha sido ampliamente utilizada como argumento para explicar cambios en las precipitaciones durante la transición del Tardío Glacial al Holoceno y durante varios intervalos de este último. La posición latitudinal de este cinturón de los vientos a través del tiempo es todavía el sujeto de marcadas discusiones (Heusser

1989; Jenny *et al.* 2002; Lamy *et al.* 1999; Markgraf 1989; Moreno y León 2003; Moreno *et al.* 2009). Parte del debate está asociado al hecho que el mayor volumen de información paleoambiental está basado en datos polínicos que a menudo admiten interpretaciones ambiguas e incluso divergentes. Sin embargo, en los últimos años la combinación de perfiles polínicos con otros paleoindicadores o proxies ha demostrado ser un poderoso recurso para obtener reconstrucciones paleoambientales más ajustadas y realistas (Markgraf 1998). Uno de los mayores avances en este aspecto ha sido la integración de la información paleoambiental con aquella proveniente de la arqueología y/o la sociología. Dicho amalgamamiento ha generado una nueva visión respecto a los efectos y las respuestas de las poblaciones a los cambios ambientales y climáticos.

Metodología

Se realizaron más de 240 km de líneas sísmicas durante dos campañas que tuvieron lugar en 1999 y 2002 en el contexto de un proyecto internacional que involucró científicos de Argentina, Estados Unidos y Suiza. Se usaron tres sistemas diferentes de adquisición sísmica, a saber: 3,5 kHz pinger, 1-12 kHz boomer y un cañón de aire comprimido (*airgun*) con cámara de una pulgada cúbica (Beres *et al.* 2008; Gilli *et al.* 2001, 2005a). Se obtuvieron aproximadamente 90 m de testigos sedimentarios utilizando un muestreador Kulleberg modificado. La excelente calidad del perfilaje sísmico permitió elegir los sitios ideales para obtener los testigos sedimentarios que permitieron la ulterior calibración y datación de los reflectores sísmicos principales. Una vez obtenidos, los testigos sedimentarios fueron transportados en sus tubos de PVC, almacenados en un refrigerador industrial a 4°C y mantenidos en la oscuridad para reducir al máximo la actividad biológica y preservar la micro estratigrafía de los mismos. Antes de abrirlos se midieron varias propiedades petrofísicas (microvelocidad, rayos gama, susceptibilidad magnética y densidad total) con un multisensor GEOTEK® en el Laboratorio de Limnogeología de la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zürich, Suiza. Una vez abiertos los testigos sedimentarios fueron fotografiados y descritos en detalle. La cronología de los mismos se obtuvo combinando múltiples dataciones de radiocarbono (AMS) con tefrocronología (Gilli *et al.* 2001, 2005a, 2005b).

Análisis geofísico y sedimentología: descripción y discusión

La combinación del estudio sísmico con el análisis detallado de testigos sedimentarios permitió identificar y datar las variaciones del nivel del lago así como también calcular su magnitud y extensión. La excelente penetración acústica (más de 70 m) permitió determinar la posición del basamento acústico y el relleno sedimentario subsiguiente a través de prácticamente toda la cuenca (Figura 2). Aplicando el concepto clásico de la sismoestratigrafía, se distinguieron seis secuencias sísmicas mayores señaladas en números romanos en el perfil combinado de la Figura 2. La secuencia VI representa el mencionado basamento acústico de la cuenca que consiste de arcillitas cretácico-terciarias que afloran alrededor del lago (Beres *et al.* 2008). La secuencia V se encuentra restringida a la parte oeste de la cuenca por encima de la secuencia VI y es interpretada como el remanente de un antiguo cono aluvial.

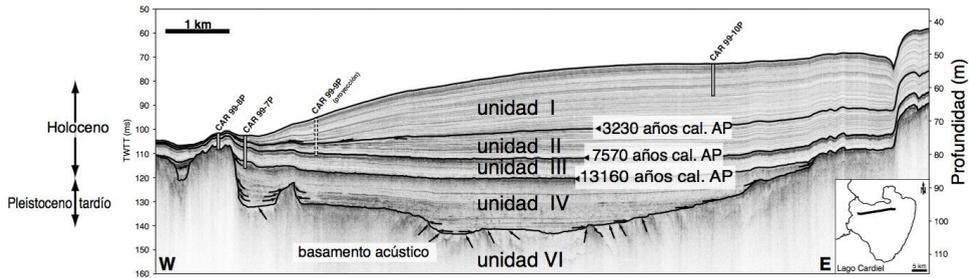


Figura 2. Perfil sísmico mostrando las principales secuencias sísmicas definidas por Gilli *et al.* (2001). Las edades señaladas en los reflectores corresponden a tefras de edad conocida (Gilli *et al.* 2005b; Stern 1991). El posicionamiento por GPS de los diferentes testigos sedimentarios permitió la calibración y datación de las diferentes unidades a través de toda la cuenca lacustre (para más detalles referirse al texto).

Las cuatro secuencias sísmicas más jóvenes incluyen sedimentos del Pleistoceno tardío y del Holoceno. La distribución restringida de la unidad IV en la parte central de la cuenca indica un nivel del lago comparativamente bajo durante el Pleistoceno tardío. Dicha unidad está en anti-fase con el registro subtropical de América del Sur reconstruido para el altiplano por Baker *et al.* (2001), usando los sedimentos del lago Titicaca. La geometría de los límites de las reflexiones sísmicas de la unidad IV indica que el nivel del lago era de solo unos pocos metros. Un período de desecación de unos pocos cientos de años de duración tuvo lugar a partir de los 13.160 años cal. AP, generando una secuencia de turba y grava que señala el límite entre las secuencias IV y III. A este evento le siguió un marcado cambio en el balance hidrológico regional que produce la base de la secuencia III. Dicha secuencia se puede seguir a través de toda la cuenca (Figura 2), lo cual implica un enorme aumento en el nivel de lago a partir de los 12.600 años cal. AP hasta por lo menos el nivel actual del lago. Esta rápida trasgresión de casi 80 m sucedió en unos pocos cientos de años y no fue constante. La presencia de líneas de costa (bardas) durante dicha trasgresión actualmente sumergidas indican el carácter pulsatorio de la misma, ya que solo un mecanismo de este tipo permitiría preservarlas de la erosión por el oleaje (Gilli *et al.* 2005a). La trasgresión sobrepasó el nivel del lago actual, alcanzando los 55 m por encima del mismo durante el Holoceno temprano (Stine y Stine 1990). La Figura 3 muestra que a continuación de este dramático aumento de nivel se observa una disminución del mismo durante el resto del Holoceno pero nunca de manera significativa por debajo del nivel actual (Gilli *et al.* 2005a; Markgraf *et al.* 2003). La reconstrucción de la geometría de la secuencia II revela la depositación preferencial de sedimentos en el centro del lago durante los últimos 6.800 años cal. AP. Este modelo de sedimentación implica la existencia de corrientes circulares persistentes que llevan a la concentración de los sedimentos hacia la parte central de la cuenca. La causa más probable para generar dichas corrientes es el viento preferencial del oeste que afecta la zona del lago Cardiel e induce el movimiento de la masa de agua más superficial. La presencia de esta geometría peculiar de los sedimentos es interpretada por Gilli *et al.* (2005b) como el resultado de una intensificación de los vientos del oeste desde el Holoceno medio a los 49° S (Figura 3).

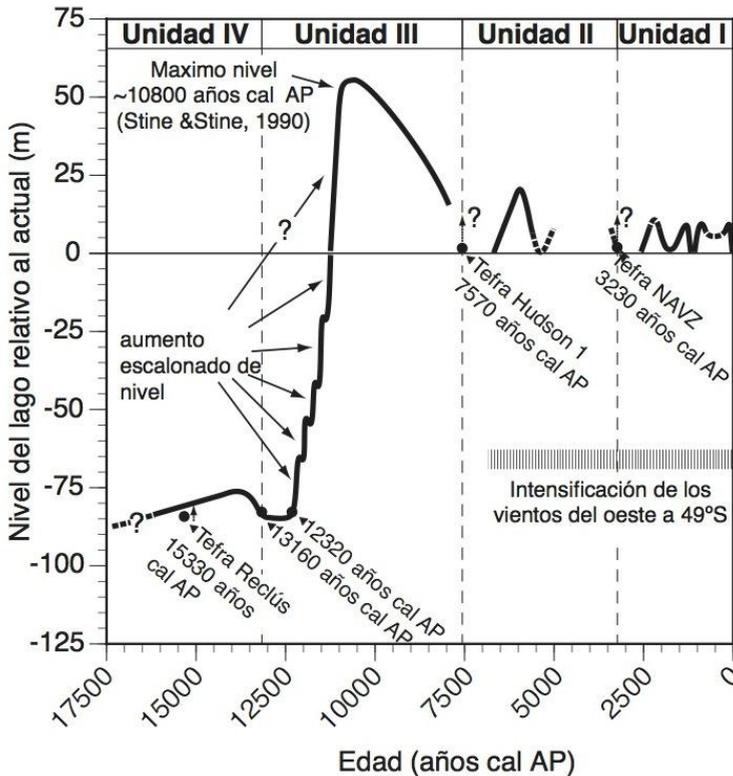


Figura 3. Curva de variación de nivel del lago Cardiel, reconstruida a través del estudio limnogeológico (modificada de Ariztegui *et al.* 2008).

Conclusiones

El tipo de reflexiones sísmicas y sus relaciones geométricas, la distribución de los sedimentos a través de la cuenca y la presencia de líneas de costa actualmente sumergidas permitieron la reconstrucción continua de las variaciones de nivel del lago Cardiel. Seis secuencias sísmicas mayores fueron separadas e identificadas a través de toda la cuenca. La secuencia más antigua (VI) está cubierta en ciertas partes por una secuencia compleja (V) que es interpretada como relicto de un abanico aluvial. La edad de estas dos secuencias es desconocida. La discordancia angular en el techo de la unidad VI así como la fuerte e irregular reflexión sísmica que delimita la parte superior de la secuencia V indican dos *hiatus* mayores en la sedimentación. Los mismos están probablemente asociados a intervalos climáticos secos de larga duración. Condiciones lacustres similares a las actuales se establecieron durante la depositación de la secuencia IV que comprende al menos el Máximo Glaciar hasta finales del Pleistoceno incluyendo un corto episodio de desecación del lago. El drástico cambio en la relación E/P que caracteriza la transición Pleistoceno/Holoceno está marcado por una trasgresión que llega por encima de la actual línea de costas. La identificación de bardas subacuáticas permitió inferir que esta trasgresión, aunque muy rápida, se realizó en pulsos a través de varios cientos de años. La combinación de esta información con evidencias

geomorfológicas de niveles del lago superiores al actual indica una amplitud total para esta trasgresión de 135 m culminando en el Holoceno temprano (Gilli *et al.* 2005a, 2005b; Stine y Stine 1990; Markgraf *et al.* 2003). Este colosal aumento en el nivel del lago sería responsable de la desaparición de todo vestigio de actividad humana que hubiese existido durante el Pleistoceno tardío en la zona del lago Cardiel (Ariztegui *et al.* 2010). Los datos sísmicos no muestran evidencia de erosión cerca de la costa en las tres secuencias más jóvenes. Esto último indicaría que durante el Holoceno el nivel del lago nunca estuvo por debajo del actual. Los resultados de un estudio multidisciplinario independiente realizado en un testigo sedimentario obtenido en la costa actual del lago confirman esta interpretación (Markgraf *et al.* 2003). El cambio en la geometría deposicional de los sedimentos que se inicia en la secuencia II es interpretado como el resultado de la modificación de las corrientes de fondo preponderantes. Dicho cambio está asociado al de la intensidad y persistencia de los vientos del oeste a partir del Holoceno medio hasta nuestros días.

Referencias citadas

- Abbott, M. B., B. P. Finney, M. E. Edwards y K. R. Kelts. 2000 Lake-level reconstructions and paleohydrology of Birch Lake, Central Alaska, based on seismic reflection profiles and core transects. *Quaternary Research* 53 (2): 154-166.
- Adams, K.D. y S. G. Wesnousky. 1998 Shoreline processes and the age of the Lake Lahontan highstand in the Jessup Embayment, Nevada. *GSA Bulletin* 110 (10): 1318-1332.
- Agosta, E., R. H. Compagnucci y D. Ariztegui. 2014 Precipitation linked to Atlantic moisture transport: Clues to interpret Patagonian palaeoclimate. *Climate Research*, en prensa.
- Ariztegui, D., F. S. Anselmetti, K. R. Kelts, G. O. Seltzer y K. D'Agostino. 2001 Identifying paleoenvironmental change across South and North America using high-resolution seismic stratigraphy in lakes. En *Interhemispheric Climate Linkages*, editado por V. Markgraf, pp. 227-240. Academic Press, San Diego.
- Ariztegui, D., F. S. Anselmetti, A. Gilli y N. Waldmann. 2008 Late Pleistocene environmental change in eastern Patagonia and Tierra del Fuego – A limnogeological approach. En *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego*, editado por J. Rabassa, pp. 241-253. Elsevier Science.
- Ariztegui, D., A. Gilli, F. S. Anselmetti, R. Goñi, J. B. Belardi y S. Espinosa. 2010 Lake level changes in central Patagonia (Argentina): Crossing environmental thresholds for Late Glacial and Holocene human occupation. *Journal of Quaternary Science* 25 (7): 1092-1099.
- Baker, P. A., G. O. Seltzer, S. C. Fritz, R. B. Dunbar, M. J. Grove, P. M. Tapia, S. L. Cross, H. D. Rowe y J. P. Broda. 2001 The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science* 291: 640-643.
- Baigun, C. y M. C. Marinone. 1995 Cold-temperate lakes of South America: do they fit northern hemisphere models? *Archiv für Hydrobiologie* 135: 23-51.
- Beres, M., A. Gilli, D. Ariztegui y F. S. Anselmetti. 2008 The Lago Cardiel Basin, Argentina (49°S): Origin and evolution revealed by high-resolution multichannel seismic reflection studies. *Journal of South American Earth Sciences* 25 (1): 74-85.

- 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 *Interhemispheric Climate Linkages*, editado por V. Markgraf, pp. 265-292. Academic Press, San Diego.
- Brenner, M., D.A. Hodell, J.H. Curtis, M.F. Rosenmeier, F.S. Anselmetti y D. Ariztegui. 2003 Paleolimnological approaches for inferring past climate change in the Maya region: recent advances and methodological limitations. En *The Lowland Maya Area - Three Millennia at the Human-Wildland Interface*, editado por A. Gomez-Pompa, M. F. Allen, S. L. Fedick y J. J. Jimenez-Osornio, pp. 45 – 60. The Haworth Press Inc., New York.
- Cielak, D. 1995 Catálogo de Lagos y Embalses de la Argentina. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, Secretaria de Obras Públicas, Subsecretaría de Recursos Hídricos, Buenos Aires (Argentina). Publicación interna.
- Feruglio, E. 1950 *Descripción Geológica de la Patagonia*. Volumen III. Dirección Nacional de Yacimientos Fiscales, Buenos Aires.
- Galloway, R.W., V. Markgraf, J. P. Bradbury. 1988 Dating shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 1: 195-198.
- Gilli, A., F. S. Anselmetti, D. Ariztegui, J. P. Bradbury, K. R. Kelts, V. Markgraf y J. A. McKenzie. 2001 Tracking abrupt climate change in the Southern Hemisphere: A seismic stratigraphic study of Lago Cardiel, Argentina (49°S). *Terra Nova* 13 (6): 443-448.
- Gilli, A., F. S. 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): 1-23.
- Gilli, A., D. Ariztegui, F. S. Anselmetti, J. A. McKenzie, V. Markgraf, I. Hajdas y B. D. McCulloch. 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.
- Heinsheimer, J. J. 1959 El Lago Cardiel. *Anales Academia Argentina de Geografía* 3: 86-132.
- Heusser, C.J. 1989 Climate and chronology of Antarctica and adjacent South America over the past 30,000 yr. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 76: 31-37.
- Iriondo, M. 1989 Quaternary lakes of Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 70: 81-88.
- Jenny, B., B. L. Valero-Garces, R. Villa-Martínez, R. Urrutia, M. Geyh y H. Veit. 2002 Early to mid-Holocene aridity in central Chile and the Southern Westerlies: The Laguna Aculeo record (34°S). *Quaternary Research* 58 (2): 160-170.
- Kelts, K. 1987 Limnogeological Research in Switzerland. *Annual Bulletin of the Swiss Commission of Oceanography and Limnology* 1987: 1-6.
- Lamy, F., D. Hebbeln y G. Wefer. 1999 High resolution marine record of climate change in mid-latitude Chile during the last 28,000 years based on terrigenous sediment parameters. *Quaternary Research* 51: 83-93.
- Markgraf, V. 1989 Palaeoclimates in Central and South America since 18,000 BP based on pollen and lake-level records. *Quaternary Science Reviews* 8 (1): 1-24.

- Markgraf, V. 1998 Past climate of South America. En *Climate of the Southern Continents: Present, Past and Future*, editado por J.E. Hobbs, J.A. Lindesay, H.A. Bridgman, pp. 249-264. John Wiley & Sons Ltd.
- Markgraf, V., J. P. Bradbury, A. Schwalb, S. J. Burns, C. Stern, D. Ariztegui, A. Gilli, F. S. Anselmetti, S. Stine y N. Maidana. 2003 Holocene palaeoclimates of southern Patagonia: limnological and environmental history of Lago Cardiel, Argentina. *The Holocene* 13 (4): 581-591.
- Moreno, P. I. y A. E. León. 2003 Abrupt vegetation changes during the last glacial to Holocene transition in mid-latitude South America. *Journal of Quaternary Science* 18 (8): 787-800.
- Moreno, P. I., J. P. François, R. P. Villa-Martínez y C. M. Moy. 2009 Millennial-scale variability in Southern Hemisphere westerly wind activity over the last 5000 years in SW Patagonia. *Quaternary Science Reviews* 28 (1-2): 25-38.
- Piovano, E. P., D. Ariztegui, F. Córdoba, M. Cioccale y F. Sylvestre. 2009 Hydrological variability in South America below the Tropic of Capricorn (Pampas and eastern Patagonia, Argentina) during the last 13.0 ka. En *Past climate variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America and Surrounding regions*, editado por F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri, pp. 323-351. Springer Science and Business Media.
- Piovano, E., D. Ariztegui y S. Damatto Moreira. 2002 Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (Central Argentina): A sedimentary model for a highly variable saline lake. *Sedimentology* 49: 1371-1384.
- Prohaska, F. 1976 The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. En *Climates of Central and South America*, editado por W. Schwerdfeger, pp. 13-112. Elsevier, Amsterdam.
- Ramos, V.A. 1982 Geología de la región del Lago Cardiel, Provincia de Santa Cruz. *Asociación Geológica Argentina, Revista* 37 (1): 23-49.
- Stern, C. 1991 Mid-Holocene tephra on Tierra del Fuego (54°S) derived from the Hudson volcano (46°S): Evidence for a large explosive eruption. *Revista Geológica de Chile* 18 (2): 139-146.
- Stern, L. A. y P. M. Blisniuk. 2002 Stable isotope composition of precipitation across the southern Patagonian Andes. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107 (D23), art. N° 4667.
- Stine, S. y M. Stine. 1990 A record from Lake Cardiel of climate in southern South America. *Nature* 345 (6277): 705-708.
- Thompson, T.A. 1992 Beach-ridge development and lake-level variation in southern Lake Michigan. *Sedimentary Geology* 80: 305-318.
- Verschuren, D., K. R. Laird y B. F. Cumming. 2000 Rainfall and drought in equatorial east Africa during the past 1,100 years. *Nature* 403: 410-414.
- Zanor, G.A., E. L. Piovano, D. Ariztegui, A. I. Pasquini y J. O. Chiesa. 2013 El registro sedimentario Pleistoceno tardío-Holoceno de la Salina de Ambargasta (Argentina central): una aproximación paleolimnológica. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 30 (2): 336-354.
- Zolitschka, B., F. S. Anselmetti, D. Ariztegui, H. Corbella, P. Francus, A. Lücke, N. Maidana, C. Ohlendorf, F. Schäbitz y S. Wastegård. 2013 Environment and climate

of the last 51,000 years – new insights from the Potrok Aike maar lake Sediment Archive Drilling project (PASADO). *Quaternary Science Reviews* 71: 1-12.

Zolitschka, B., F. Schäbitz, A. Lücke, M. Wille, C. Mayr, C. Ohlendorf, F. Anselmetti, D. Ariztegui, H. Corbella, B. Ecolano, M. Fey, T. Haberzettl, N. Maidana, G. E. Oliva, M. Paez y G. H. Schleser. 2004 Climate changes in Southern Patagonia (Santa Cruz, Argentina) inferred from lake sediments: the multi-proxy approach of SALSA. *PAGES News* 12 (2): 9-11.