



Cambios ambientales de épocas históricas en la pampa bonaerense en base a ostrácodos: historia hidrológica de la laguna de Chascomús

Cecilia LAPRIDA¹ y Blas VALERO-GARCÉS²

Abstract. ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE BUENOS AIRES PAMPA REGION DURING HISTORICAL TIMES BASED ON OSTRACODS: THE HYDROLOGICAL EVOLUTION OF THE LAGUNA CHASCOMÚS. The paleoenvironmental evolution of Laguna de Chascomús during the last 500 years is reconstructed based on ostracod assemblages and sedimentological and geochemical analyses from sediment cores. The chronology is constrained by one AMS ¹⁴C date on terrestrial material. The main hydrological and ecological characteristics of the lake are climatically controlled. Three main expansion - contraction lake cycles have occurred during the last 500 years under different hydrological conditions. During periods of relatively higher water availability (end of 15th century - mid 17th century) lake waters were β-oligohaline and HCO₃⁻ dominated; *Limnocythere* aff. *L. sp. staplini* was the dominant ostracod species and biodiversity was moderate. During periods of lower water availability (beginning of 18th century till mid 19th century, including the Little Ice Age), lake waters were α-oligo to mesohaline, with higher salinities and Cl⁻>HCO₃⁻. *Cyprideis hartmanni* was dominant, and the ostracod assemblages have lower diversity. The paleohydrological evolution is compared to the available historical documents. A hydro-ecological conceptual model based on hydrochemistry, hydrology and ostracod assemblages is proposed to explain the evolution of the lake.

Resumen. Se reconstruye por primera vez la evolución paleoambiental de la laguna de Chascomús para los últimos 500 años en base a las asociaciones de ostrácodos y otras evidencias adicionales (sedimentológicas y geoquímicas). La cronología de esta evolución es comparada con los registros históricos recopilados para el área. Las características hidro-ecológicas de la laguna son climáticamente controladas. En el registro de los últimos 500 años, basándose en indicadores sedimentológicos y biológicos, se han reconocido tres grandes ciclos de contracción/retracción del cuerpo de agua. Estos ciclos tuvieron lugar bajo escenarios climáticos diferentes respecto de la disponibilidad de agua en el sistema. Bajo escenarios de aguas altas, como los acontecidos entre fines del siglo XV y fines de del siglo XVII, y a partir de mediados del siglo XIX, las aguas de la laguna habrían sido de salinidades β-oligohalinas y HCO₃⁻ dominadas; *Limnocythere* aff. *L. sp. staplini* habría sido la especie dominante de una asociación moderadamente diversa. Bajo escenarios de aguas bajas, como el acontecido entre principios del siglo XVIII y mediados del siglo XIX, que incluye la Pequeña Edad del Hielo, las aguas de la laguna habrían sido α-oligohalinas a mesohalinas y habrían sufrido una marcada salinización, merced a la cual Cl⁻ > HCO₃⁻. *Cyprideis hartmanni* habría sido la especie dominante de una asociación poco diversa. Se propone un modelo conceptual de respuesta hidro-ecológica para la Laguna de Chascomús considerando las propiedades hidrológicas de las aguas y las asociaciones de ostrácodos.

Key words. Chascomús. Paleohydrology. Ostracods. Historical records. Pampa.

Palabras clave. Chascomús. Paleohidrología. Ostrácodos. Registros históricos. Pampa.

Introducción

En la historia de nuestro planeta, los cambios ambientales han ocurrido en variados rangos de escala temporal, desde milenios hasta décadas (Le Treuth

et al., 2007). Para comprender los cambios climáticos de alta frecuencia es preciso realizar investigaciones que contemplen las escalas temporales adecuadas, y los cambios acontecidos en los últimos 1000 años son la base científica de dicha comprensión. La geografía es esencialmente la misma que en la actualidad, las variaciones en la disposición y espesor de las masas de hielo y en el nivel relativo del mar son relativamente pequeñas si consideramos las acontecidas en el último ciclo glaciario, las especies son las mismas que habitan actualmente nuestro planeta y podemos asumir que su ecología no ha variado. Existen, no obstante, algunas desventajas: la dificultad de obte-

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria - C1428EGA Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. chechu@gl.fcen.uba.ar
²IPE Instituto Pirenaico de Ecología. Avda. Montañana, 1005. Zaragoza. E-50080 España. blas@ipe.csic.es

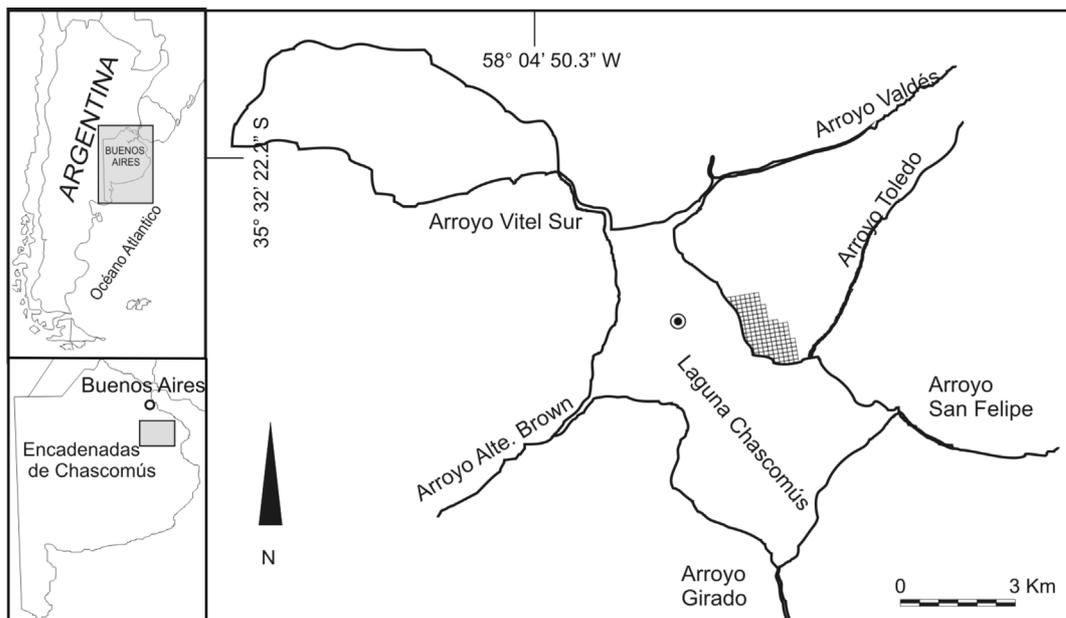


Figura 1. Mapa de ubicación de la laguna de Chascomús y ubicación del sitio de muestreo / location map of the laguna de Chascomús and sampling site.

ner modelos de edades de alta resolución confiables (en estas escalas temporales incertidumbres de unas pocas decenas de años pueden ser fundamentales en el establecimiento del "timing" de los cambios) y la posibilidad de que los registros hayan sido perturbados por la actividad humana. Sin embargo, estas desventajas pueden ser superadas si se pueden validar los datos y calibrar la respuesta de los proxies contra documentos históricos y/o registros instrumentales.

Dentro de este contexto, en el presente trabajo se esbozará la evolución hidro-ecológica de la Laguna de Chascomús en los últimos 500 años a partir del análisis de ostrácodos y el apoyo de otras líneas de evidencias adicionales (sedimentológicas, geoquímicas e históricas). Dada la resolución temporal de nuestro estudio, los cambios observados serán interpretados como tendencias multidecádicas. La laguna de Chascomús se encuentra en el noreste de la Pampa Húmeda, una de las zonas más importantes en términos de producción agropecuaria y una de las más susceptibles a ser afectadas por los cambios climáticos pronosticados para el siglo XXI. Existen en la región registros pluviométricos sistemáticos desde hace poco más de cien años mediante los cuales se pueden detectar períodos húmedos y secos, pero de ningún modo ciclos climáticos.

El objetivo principal de este trabajo es proponer un modelo conceptual de respuesta a cambios hidrológicos para las lagunas pampeanas como consecuencia de variaciones en la disponibilidad hídrica

en el sistema y responder a las siguientes preguntas: ¿Poseen las lagunas pampeanas registros adecuados para el estudio de variaciones climáticas de alta frecuencia? ¿Existe coherencia entre las reconstrucciones generadas por el modelo a partir de la señal contenida en el registro de la laguna de Chascomús y los datos históricos recopilados para la región pampeana?

Antecedentes

La laguna de Chascomús es probablemente el cuerpo de agua más estudiado de la provincia de Buenos Aires. Los primeros estudios se deben a Cordini (1938) y Ringuelet (1942); entre los estudios más importantes que se realizaron posteriormente caben destacarse los de Conzonno y Claverie (1990) que caracterizan químicamente sus aguas; Conzonno y Fernández Cirelli (1987, 1995a) y Conzonno *et al.* (2001) analizaron el contenido de materia orgánica disuelta y las sustancias húmicas, su influencia sobre la productividad primaria y las causas de su distribución; Miretzky *et al.* (1998, 2000), Miretzky (2001) y Fernández Cirelli y Miretzky (2004) caracterizan las propiedades hidroquímicas de las aguas y definen los procesos geoquímicos que las determinan. Chaparro *et al.* (2005) analizan las propiedades magnéticas de sedimentos de testigos con el objetivo de analizar niveles de contaminación. Las comunidades fitoplanc-

tónicas fueron estudiadas por Yacubson (1965) y Tell (1973); Ronderos *et al.* (1967) realizaron un estudio preliminar sobre las comunidades asociadas a la vegetación macroscópica y Ramírez (1967) y Laprida (2006) analizaron los ostrácodos actuales. Numerosas investigaciones consideraron la fauna ictícola (citas en Berasain *et al.*, 2005). Las investigaciones paleolimnológicas son más escasas. Fernández y Romero (1984) realizan una reconstrucción ambiental en base a las asociaciones palinológicas recuperadas de testigos cortos (aprox. 50 cm). Por su parte, Dangavs *et al.* (1996) analizan perforaciones de barreno y reconocen tres secciones en los sedimentos colmatantes de la laguna, correspondiendo la superior al ambiente lagunar actual. No obstante la importancia de ambos trabajos, los mismos carecen de modelos de edades adecuados, por lo que si bien las tendencias que registran son oportunas, su aplicación a la reconstrucción ambiental de alta resolución es limitada.

Situación geográfica, geomorfología y clima

La laguna de Chascomús (35° 35'S - 58° 02'O; 6,53 m snm) es una laguna permanente situada en el noreste de la provincia de Buenos Aires, en el distrito de la Pampa Deprimida (figura 1). La Pampa Deprimida es una fosa tectónica rellena por sedimentos terciarios y cuaternarios que se extiende entre los 35° y 38° S y entre los 57° y los 61° O. La región se caracteriza por ser una llanura de acumulación limosa predominantemente eólica con suelos desarrollados sobre la cubierta cuaternaria del Pleistoceno superior y Holoceno. La parte superior de la cubierta sedimentaria ha sufrido procesos deflacionarios durante los períodos secos que formaron depresiones cerradas que hoy constituyen lagunas (Frenguelli, 1950; Tricart, 1973).

La laguna de Chascomús forma parte de la cuenca inferior del río Salado, que posee en este sector una red de drenaje poco definido. En su tramo inferior, la falta de relieve, la exigua pendiente y el bajo potencial morfogénico dificulta la evacuación de los excesos hídricos durante las épocas de grandes precipitaciones, favoreciendo la permanencia del agua en los bajos y lagunas (Iriando, 1984; Quirós *et al.*, 2002). En la zona de estudio, la pendiente alcanza valores entre 0,25 y 1,7%.

La llanura pampeana tiene un clima húmedo a subhúmedo mesotermal, con disminución de las precipitaciones hacia el oeste. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 13°C y los 16°C. En verano la temperatura media mensual varía entre 21° y 23°C, y en invierno, entre 7° y 9°C (Sala, 1975). La región se encuentra dominada por la influencia del anticiclón semipermanente del Atlántico sur por lo cual es frecuente el flujo norte y noreste que advecta aire cálido

y húmedo en especial durante el verano. El ciclo anual muestra mínimos en invierno y máximos en otoño y primavera. En el semestre frío la precipitación es producto del pasaje de frentes fríos que producen la entrada de anticiclones post frontales desde el sur ó sudoeste que advectan aire seco y frío de origen polar o subpolar (Müller *et al.*, 2003). El total de precipitaciones en la estación Chascomús para el período 1925-1955 fue de 902 mm (datos del Servicio Meteorológico Nacional), mientras que para el año 2000 alcanzó los 1253 mm.

Hidrología y limnología

La laguna de Chascomús constituye el segundo cuerpo límnic del sistema conocido como "Encadenadas de Chascomús", cuya cuenca abarca una extensión de 801 km² (Miretzky, 2001) El sistema comienza con la laguna Vitel que, mediante el arroyo Vitel sur, se comunica con la laguna de Chascomús (figura 1). La laguna presenta adicionalmente otros cinco afluentes de menor importancia, algunos temporarios y activos sólo en épocas de grandes lluvias. La laguna presenta un solo emisario: el arroyo Girado, que desagüa en la laguna Adela.

La cubeta que aloja la laguna de Chascomús tiene una superficie de 30,06 km² en la cota IGM 6,53 m, y es alargada en dirección NO-SE. Como todas las lagunas pampeanas, Chascomús es un ambiente de una profundidad relativa muy baja que aumenta con el área inundada en épocas de inundación. Dangavs (1976) refiere una profundidad máxima de 3,42 m y una profundidad media de 1,53 m. Como consecuencia, la temperatura del agua es muy semejante a la del aire y carece de estratificación térmica y química (Cordini, 1938). Es, en definitiva, un lago polimíctico con permanente mezcla vertical lo que favorece niveles de saturación del oxígeno disuelto y el alto contenido de materia orgánica disuelta, sobre todo sustancias húmicas (Conzonno y Fernández Cirelli, 1987). Presenta un estado natural eutrófico y alta productividad biológica como consecuencia de recibir drenajes de suelos ricos en nutrientes (Quirós, 1988). El status trófico actual corresponde al de una laguna hipereutrófica (Conzonno *et al.*, 2001, Quirós, 1988).

La laguna de Chascomús recibe aportes hídricos de la precipitación atmosférica, del escurrimiento superficial encausado y en manto, y del agua subterránea (Ringuelet, 1962). El nivel lagunar y los valores de los parámetros físico-químicos varían ampliamente de acuerdo al estado hidrológico de la laguna. Fenómenos tales como fuertes precipitaciones o sequías provocan importantes cambios en las características químicas del agua (Conzonno y Claverie, 1990; Mairzels *et al.*, 2003).

El agua de la laguna es de aspecto límpido y verdoso, de escasa transparencia en aguas abiertas, ya que la escasa profundidad favorece la resuspensión del sedimento de fondo en las zonas menos profundas; la salinidad es variable, oscilando entre 744 mg/l y 2680 mg/l en situaciones de intensas lluvias o sequía respectivamente (Dangavs *et al.*, 1996). El valor promedio del total de sólidos disueltos es 1447 mg/l (Fernández Cirelli y Miretzky, 2004). Las aguas suelen ser alcalinas, oscilando entre pH=6,8 y pH=10,33 (Dangavs *et al.*, 2006; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004). En general, $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ especialmente en verano y, en general, $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{K}^+$ (Miretzky, 2001; Dangavs *et al.*, 1996; Miretzky *et al.*, 1998; Fernández Cirelli y Miretzky, 2004), aunque la relación $\text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$ y $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ puede estar invertida especialmente luego de fuertes lluvias (Laprida, 2006).

La presencia de la napa freática a escasa profundidad y las características topográficas hacen que el agua subterránea y superficial se encuentren fuertemente interrelacionadas (Miretzky, 2001; Miretzky *et al.*, 1998), a punto tal que el agua subterránea ejerce controles importantes sobre el balance hídrico regional (Halcrow, 1999) y sobre la composición de las aguas de la laguna (Miretzky *et al.*, 1998, 2001). Las aguas subterráneas poco profundas en el área tienden a ser fuertemente alcalinas y fuertemente a muy fuertemente bicarbonatadas, pudiéndose establecer las siguientes relaciones (Miretzky *et al.*, 2000): $\text{HCO}_3^- \gg \text{Cl}^-$ y $\text{Na}^+ \gg \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+$. En promedio, los sólidos disueltos totales oscilan alrededor de 1500 ppm (Miretzky, 2001).

La composición química y salinidad relativamente alta del acuífero está determinada por la composición mineralógica del loess pampeano de edad pleistocena (Miretzky *et al.*, 2001). Análisis del loess pampeano en la zona de Chascomús, en particular de la fracción arcilla, reveló 30% de montmorillonita, 50% de illita, 10% de montmorillonita-illita interestratificada y 10 % de clorita y caolinita; el agua subterránea bicarbonatada cálcica en contacto con estos sedimentos loésicos del Pampeano sufre un proceso de intercambio catiónico, en el cual el Ca^{+2} del agua es intercambiado por el Na^+ de las arcillas. Como resultado de dicho proceso, el agua se enriquece en sodio, cambiando de un tipo bicarbonatado-cálcico a uno bicarbonatado-sódico (Fernández Cirelli, 2003).

El régimen de agua subterránea se encuentra severamente restringido por el régimen hídrico superficial y por lo tanto los niveles de agua subterránea de la región son muy sensibles a cambios en las condiciones climáticas (Halcrow, 1999). Cuando se producen importantes eventos de excesos hídricos (= inundaciones), los niveles del agua subterránea aumentan rápidamente y tiene lugar la descarga a la su-

perficie, anegando grandes áreas, creando lagunas temporarias y aumentando la extensión de las lagunas permanentes. Por el contrario, durante épocas en las que no hay excesos hídricos (=sequías), el sistema subterráneo se halla muy localizado y el aporte al agua superficial es menor. Por ejemplo, el aumento de precipitaciones que tuvo lugar a partir de la década de 1970 (un 9% superior a la media de largo plazo) tuvo como consecuencia una elevación de hasta 7 m en el niveles freáticos en la zona de estudio (Halcrow, 1999). Los modelos de simulación presentados en el Plan Maestro Integral por parte de Halcrow (1999) para el período 1963-1995 corroboran este comportamiento.

Materiales y métodos

En el verano de 2002 se extrajeron dos testigos sedimentarios cortos (aproximadamente 40 cm) contiguos del centro de la laguna de Chascomús (figura 1) usando un *gravity core* provisto por el *Limnological Research Center* (LRC), Universidad de Minnesota. Uno de los testigos (LCH1 - 40,5 cm) fue analizado en el LRC considerando sus propiedades físicas (en particular susceptibilidad magnética) mediante un Geotek MSCL a intervalos de 1 cm. Luego, el testigo fue abierto en dos mitades y las facies sedimentarias fueron definidas visualmente considerando textura, color, observación mediante microscopio de frotis de sedimentos, estructuras sedimentarias, tamaño de grano y contenido fosilífero. El otro testigo (LCH2 - 37 cm) fue abierto en el Instituto Nacional de Geología Isotópica (INGEIS), Argentina, donde se realizó una descripción macroscópica y se obtuvieron 23 muestras a intervalos de 1,5 cm. Sobre una parte de las submuestras se realizaron estudios geoquímicos para determinar el contenido de metales pesados (Zn, Cu, Cr) y carbono total (CT). La porción remanente de las submuestras (entre 7 y 13 gr aproximadamente) se procesó mediante sumersión del sedimento en una solución al 10% de H_2O_2 y lavado con agua corriente sobre tamiz de 75 μm . El residuo obtenido fue analizado bajo lupa binocular y los ostrácodos extraídos. Se procedió a la determinación de todos los individuos recuperados. Se calculó el índice de diversidad de Shannon según la expresión $H(S) = -\sum p_i \ln p_i$ donde p_i es la proporción de la especie i en la muestra. A partir de dicho índice se calculó la equitabilidad E según la ecuación $E = H(S)/\ln S$, donde S es el número de especies reconocidas en cada muestra. Finalmente, se analizó la estructura poblacional de las especies más abundantes, diferenciándose adultos de juveniles. Dado que durante su ontogenia los ostrácodos sufren 8 mudas antes de alcanzar el estado de madurez sexual, en una biocenosis "perfecta"

(en la que se hallen presentes todos los juveniles correspondientes a los adultos presentes en la muestra), la relación teórica entre juveniles y adultos es 8:1, esto es, un 88% de juveniles. Sin embargo, los primeros estadios ontogenéticos son frágiles y no suelen preservarse en el registro, por lo que una asociación fósil con proporciones 4:1-2:1, esto es, entre 80% y 60% de juveniles, puede considerarse igualmente representativa de biocenosis de baja energía. Valores superiores al 80% de juveniles pueden considerarse indicativos de tanatocenosis de baja energía, ya que habría en la muestra más juveniles que los que corresponderían de acuerdo al número de adultos presentes. Por último, poblaciones con menos del 60% de juveniles pueden considerarse biocenosis de alta energía, donde los juveniles fueron preferencialmente removidos. Se excluyeron de este análisis las poblaciones con menos de 10 individuos.

La edad de la secuencia se basó en una datación AMS ^{14}C realizada sobre material vegetal de origen terrestre para evitar efecto reservorio. Para ello, sedimento proveniente de la base del testigo LCH2 fue lavado sobre tamiz de 100 μm con agua destilada y el residuo revisado bajo lupa binocular para extraer restos vegetales bien preservados. El material recuperado fue conservado en una solución de ácido acético 10% y analizado en el LRC bajo el número AA60925 1484A LCH 23. La datación fue calibrada usando el programa CALIB 5.1 (Stuiver *et al.*, 1998) considerando un error de 2σ . Para la construcción del modelo de edades se consideró una tasa de sedimentación lineal, asunción que se considera válida tomando en cuenta que no existen discordancias evidentes ni grandes contrastes en las facies sedimentarias reconocidas a lo largo del testigo, lo que indicaría *a priori* que las condiciones de sedimentación no han variado bruscamente en el lapso temporal involucrado en la depositación.

La reconstrucción ambiental de la laguna de Chascomús y la generación del modelo conceptual se realizó tomando como base las características sedimentarias de los testigos, la distribución estratigráfica de los ostrácodos, los análisis tafonómicos y poblacionales realizados sobre las especies *Cyprideis hartmanni*, *Heterocypris similis* y *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini*, las características hidroquímicas actuales de las aguas superficiales y subterráneas, el modelo conceptual de Halcrow (1999) y la recopilación de diversas fuentes históricas. Para la reconstrucción de la salinidad se calculó un índice de alcalinidad empírico basado en los porcentajes de las principales especies recuperadas, otorgándole distinto peso de acuerdo a los requisitos ecológicos (Palacios-Fest *et al.*, 2002). El índice queda definido de acuerdo a la ecuación: $\text{IA} = (100 + (3(\% \text{Limnocythere sp. aff. L. staplini}) - 3(\% \text{Heterocypris similis}) - 2(\% \text{Cypridopsis vidua}) - (\%$

Cyprideis hartmanni))/400. Este índice otorga mayor peso a especies indicadoras de aguas fuertemente alcalinas y menor peso a las especies fitales o especies fuertemente eurihalinas capaces de tolerar altas salinidades y aguas Na^+ - Cl^- dominadas. Así definido, los valores del IA oscilan entre 1 (aguas muy fuertemente HCO_3^- dominadas) y 0 (aguas fuertemente Cl^- dominadas).

Resultados

El registro sedimentario

El estudio sedimentológico llevado a cabo sobre el testigo LCH1 permitió reconocer tres secuencias granodecrescentes (Laprida *et al.*, 2006; figura 2), las cuales están compuestas, de base a techo, por tres tipos texturales diferentes: 1) arenas muy finas con matriz limo arcillosa y de composición dominada por el cuarzo y limos arenosos masivos de color gris oscuro, con presencia de carbonatos; 2) limos carbonáticos grises, masivos con abundante materia orgánica; y 3) arcillas grises masivas con abundantes diatomeas. El contacto entre estas facies sedimentarias es transicional. En la sección inferior del testigo faltan las arenas muy finas limosas. El contenido clástico está compuesto por material detrítico alogénico (detríticos transportados al lago por los tributarios, por flujos mantiformes no encausados y por acción eóli-

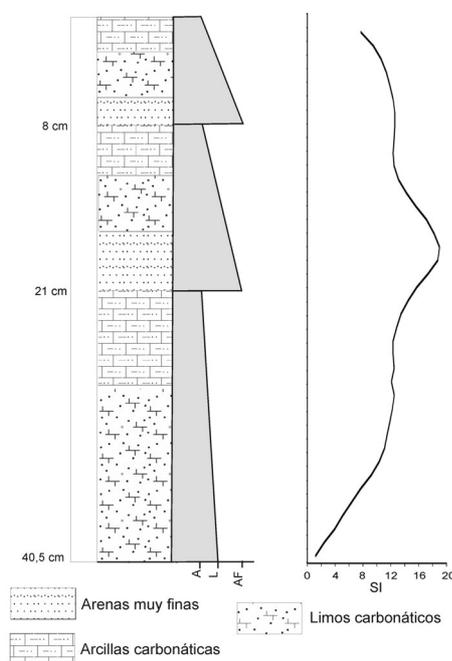


Figura 2. Facies sedimentarias y propiedades magnéticas (SI) del testigo LCH1. **A**, arcillas; **L**, limos; **AF**, arenas finas / *sedimentary facies and magnetic properties (SI) from LCH1 core. A*, silts; *L*, limes; *AF*, fine sands.

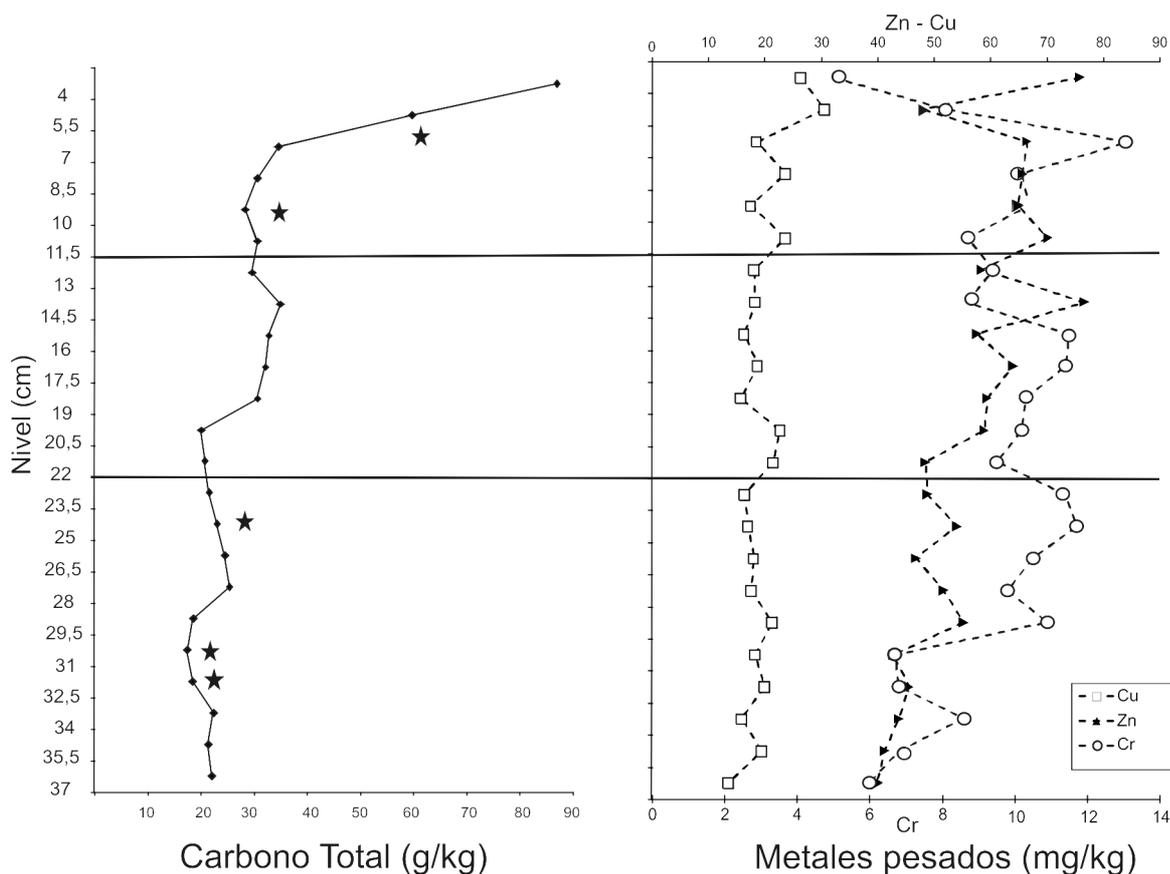


Figura 3. Carbono total (CT) y metales pesados (Zn, Cu y Cr) del testigo LCH2. Las líneas horizontales indican los límites entre las secciones descritas en el texto. Las estrellas indican niveles con pirita. / *total carbon (CT) and heavy metals (Zn, Cu and Cr) from LCH2 core. Lines indicate the boundary between sections described in the text. Stars indicate level with pyrite.*

ca) y por material endógeno, en particular valvas y fragmentos de valvas de ostrácodos, diatomeas y, en menor medida, por gasterópodos. Los valores de susceptibilidad magnética son generalmente bajos, correspondiendo al rango de materiales paramagnéticos propios de sedimentos ricos en materia orgánica y en carbonatos y por ello, en líneas generales, la susceptibilidad magnética no refleja completamente la distribución de facies dentro de las secuencias definidas. Sin embargo, puede observarse un pico muy conspicuo en la base de la secuencia media del testigo LCH1, y un cambio de tendencia en la base de la secuencia superior 3. En el resto del testigo los valores son bastante constantes, pero especialmente bajos en la sección inferior del testigo y en el techo de las secciones 2 y 3, indicando la predominancia de sedimentos endógenos de origen orgánico.

Las tres secuencias observadas en el testigo LCH1 pudieron ser reconocidas en el testigo LCH2 entre el techo del testigo y los 11 cm (Sección 1), entre los 11 cm y los 22 cm (Sección 2), y entre los 22 cm y la base del mismo (Sección 3), y se corresponden con leves variaciones en el color. Los 2,5 cm superiores consti-

tuyeron una fase coloidal que no pudo ser muestreada, de manera que la primera muestra analizada corresponde a una profundidad de 4 cm. La base de las secciones coinciden con leves incrementos en el porcentaje de material detrítico mayor a 75 μm , en particular en la base de la secuencia media. Restos fósiles de gasterópodos, ostrácodos y semillas han sido encontrados en todos los niveles de este testigo. En contraste, los oogonios de caráceas son poco abundantes.

Los valores de carbono total oscilan entre 17,35 - 34,64 g/kg, y tienden a disminuir hacia el techo de las secciones 1 y 2, aunque muestran sus mayores valores en las dos muestras cuspidales de la sección 3 (59,7 y 87 g/kg respectivamente) (figura 3.1). En algunos niveles de las secciones 1 y 3 pudo verificarse la formación de pirita en el interior del caparazón de algunos ostrácodos. El contenido de Cu oscila entre 13,9-30,6 mg/kg, con una clara tendencia a mayores valores hacia el techo del testigo. El Cr varía entre 5,0 y 11,7 mg/kg y sufre un marcado incremento a partir del nivel 29,5 cm. Los niveles de Zn oscilan entre 39,9 y 75,8 mg/kg y la tendencia es semejante a la del Cu, con un neto aumento hacia el techo del testigo (figura 3.2).

Modelo de edades

El registro sedimentario obtenido de la laguna de Chascomús abarca los últimos 500 años. La base del testigo LCH2 arrojó una edad de 373 ± 36 años ^{14}C BP. Cuando esta edad fue calibrada considerando un error de 2σ arrojó una edad de 464 ± 43 años cal BP, con lo cual la base del testigo se podría ubicar alrededor de fines del siglo XV (aproximadamente 1490 AD). Estos datos son consistentes con otras dataciones obtenidas por el equipo de trabajo para la laguna del Monte (datos inéditos). Si consideramos una interpolación lineal, la tasa de sedimentación promedio para los últimos 500 años arroja un valor de 0,75 mm/año, la cual está dentro del rango de valores esperables para las lagunas pampeanas (M.J. Orgeira, com. pers., 2006). La falta de discontinuidades en los valores de SI y los patrones de sedimentación indican que no ha habido importantes variaciones en el régimen de sedimentación en los últimos 500 años, lo que justifica el modelo lineal adoptado en este trabajo.

Ostrácodos del testigo LCH2

Todos los niveles del testigo fueron portadores de caparazones y/o valvas de ostrácodos. El número de individuos por muestra nunca supera los 400 individuos pero es particularmente bajo en las muestras ubicadas entre los 29,5-17,5 cm, esto es, la parte superior de la sección inferior y la parte inferior del tramo medio (figura 3.3). A partir de allí, el número de individuos se incrementa y se puede decir que las asociaciones de la parte cuspidal del testigo son relativamente abundantes.

El número de especies por muestra es bajo. Se reconocieron sólo 7 especies, todas ellas típicas de ambientes oligo-mesohalinos. En la sección inferior y media del testigo el número de especies oscila entre 2 y 4, aunque tiende a ser, en términos generales, algo más elevado en la base de la sección inferior y en la sección media (figura 3.4). En la sección superior el número de especies por muestra oscila entre 3 y 5. La baja diversidad de las asociaciones no sólo se ve reflejada en el número de especies sino también en el índice de diversidad de Shannon que oscila entre 0,17 y 1,08 tomando los valores mayores hacia el techo del testigo, donde suelen estar por encima del promedio (figura 3.5). Nuevamente los menores valores se registran en la sección inferior. Estos bajos valores de H(S) se deben a que tres especies conforman el 99% de la asociación total: *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* (Gutentag y Benson, 1962) (56% de la asociación), *Cyprideis hartmanni* Ramírez, 1967 (29%) y *Heterocypris similis* (Wierzejski, 1893) (14%). *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* fue recuperada de todas las

muestras, mientras que *C. hartmanni* estuvo presente en 22/23 muestras y *Heterocypris similis* en 18/23 muestras. Las otras 4 especies se hallan presentes sólo esporádicamente, aunque la más frecuente entre ellas es *Cypridopsis vidua* (O.F. Müller, 1776), presente en 8 niveles. *Darwinula stevensoni* (Brady y Robertson, 1870), *Potamocypris schubarti* Klie, 1940 y *Vestalenula plagiolii?* (Pinto y Kotzian, 1961) estuvieron presentes en a lo sumo dos muestras con un reducido número de ejemplares. Los bajos valores de E corresponden a muestras en donde alguna de estas especies, en particular *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* o *Cyprideis hartmanni*, es fuertemente dominante.

Desde el punto de vista de la contribución relativa de las principales especies (figura 4.1), *Cyprideis hartmanni* constituye más del 50% de las asociaciones en 11/23 muestras, mayormente ubicadas en la sección media del testigo, y en la muestra cuspidal. *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* supera el 50% en las 8 muestras basales de la sección inferior y en otras 3 muestras de la parte superior del testigo. *Heterocypris similis* se halla presente en porcentajes que oscilan entre el 12% y el 40% en todas las muestras de la sección superior, aunque las mayores contribuciones se observan en la base de la sección inferior, estando casi completamente ausente en la sección media del testigo. Los valores del IA (figura 4.2) son muy variables pero son más elevados en la sección inferior del perfil, indicando aguas muy fuertemente alcalinas, mientras que en la sección media son marcadamente menores indicando menor alcalinidad. La sección superior presenta valores intermedios, indicando aguas más alcalinas que las de la sección media, pero menos que las de la sección inferior.

En lo que se refiere a la estructura poblacional, se han reconocido biocenosis de baja y alta energía, y tanatocenosis de baja energía. La estructura poblacional considerando la asociación como un todo y las principales especies por separado puede apreciarse en el cuadro 1. En términos generales, dominan las tanatocenosis de baja energía, aunque en la base de las secciones inferior y superior se reconocen biocenosis de baja energía, y en las muestras cuspidales, biocenosis de alta energía.

Cuando se analizan por separado las distintas especies mayoritarias, podemos apreciar que *Cyprideis hartmanni* constituye, en las secciones superior e inferior del testigo, biocenosis de alta energía, mientras que en la sección media predominan las biocenosis y tanatocenosis de baja energía. En los niveles en los cuales *Heterocypris similis* está bien representada, las asociaciones constituyen en general biocenosis de alta energía, con excepción de un par de niveles en la base de la sección inferior. En lo que se refiere a *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini*, en la base de la sección inferior dominan biocenosis de alta energía, que son

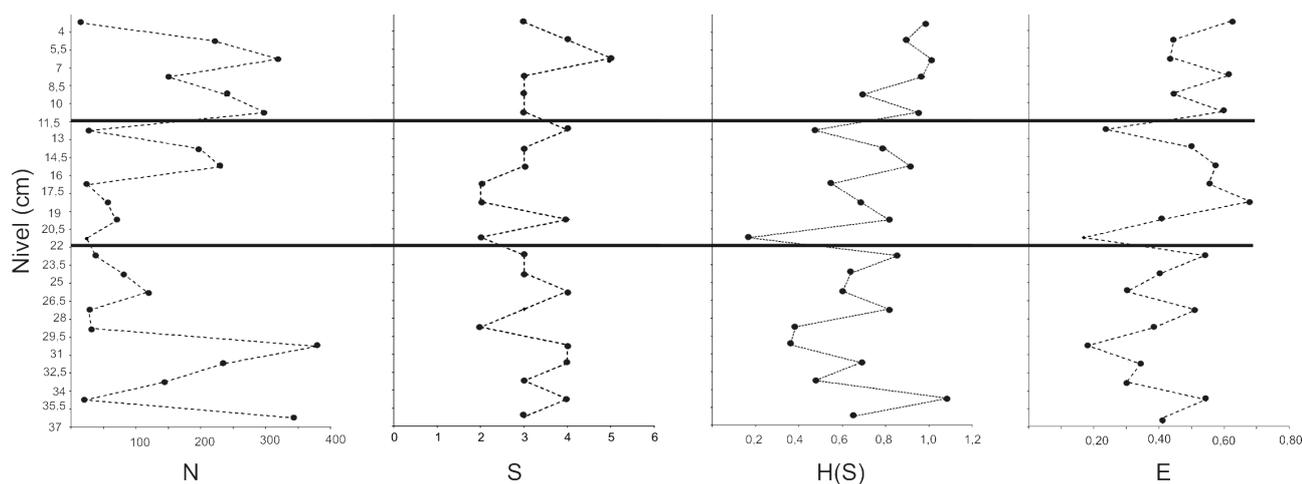


Figura 4. Abundancia (N), número de especies (S), diversidad H(S) y equitabilidad (E) de las asociaciones de ostrácodos del testigo LCH2. Las líneas horizontales indican los límites entre las secciones descritas en el texto. / *abundance (N), species number (S), diversity H(S) and equitability (E) from ostracod assemblages, LCH2 core. Horizontal lines indicate the boundary between sections described in the text.*

reemplazadas sucesivamente por biocenosis y tanatocenosis de baja energía. Si bien en la parte basal de la sección media existen algunas asociaciones propias de baja energía, en el resto de esta sección, así como en la sección superior, están conformadas casi exclusivamente por biocenosis de alta energía.

Registros históricos de la llanura pampeana

Existe información sobre el pasado de las sociedades indígenas que habitaron la región pampeana hace unos 1000 años (Mazzanti, 2003). Se trata de sitios con presencia de alfarería y material lítico asociado a restos de guanacos, venados y armadillos (Politis, 1988), lo que indica que los pueblos originarios de las pampas eran grupos muy reducidos y móviles de cazadores recolectores que se concentraban al borde de ríos, arroyos y lagunas explotando las principales especies de la estepa (Aldazabal *et al.*, 2004).

La ocupación europea del territorio comenzó recién en el primer tercio del siglo XVI y se consolidó en 1580, cuando se produjo la segunda fundación de Buenos Aires. En ese momento la cantidad de población indígena próxima a Buenos Aires era exigua, asociada probablemente a la ausencia de guanacos en la Depresión del Salado (Politis, 2005). Esto permitió la cría extensiva de vacunos y equinos en áreas próximas a Buenos Aires (Mazzanti, 1994).

El área de Chascomús fue reconocida tempranamente por soldados europeos en 1582. Alrededor de 1640 se establecen los primeros habitantes europeos en la región, aunque la ciudad de Chascomús es fundada recién en 1779. En el período 1805-1852 se produce el poblamiento en las áreas adyacentes al río Sa-

lado. En 1865 llega el ferrocarril, y poco después, en 1873, Chascomús es declarada ciudad.

A partir del siglo XVI son relativamente abundantes las crónicas de la Conquista, Actas de Cabildos y relatos de viajeros que, dada la importancia de la actividad agrícola-ganadera de la región pampeana, suelen hacer referencia a las condiciones climáticas. Moncault (2001) recopila diversas crónicas históricas, actas de cabildos y correspondencia epistolar de viajeros y religiosos desde 1576, las cuales constituyen las más antiguas para la región pampeana. Politis (1984), en base a este mismo tipo de fuentes y considerando mapas y otro tipo de información geográfica, postula un cambio en las tendencias pluviométricas y de temperatura a partir del siglo XVIII, en coincidencia con la Pequeña Edad de Hielo. Deschamps *et al.* (2003), basándose en archivos históricos y en estilos arquitectónicos, establecen las tendencias de las precipitaciones entre los siglos XVIII y XX y consideran que desde principios del siglo XIX han aumentado tanto las precipitaciones como los días de lluvia.

Discusión

La facies de arenas finas limosas identificadas en la base de las secuencias media y superior del testigo LCH1 es interpretada como facies de ambientes costeros depositada durante momentos de retracción del lago. En la actualidad las arenas limosas se encuentran casi exclusivamente asociadas a las descargas de los arroyos Vitel y Valdés, al norte del área de estudio (Dangavs *et al.*, 1996), por lo que su presencia en el testigo estaría indicando la contracción del cuerpo de agua y el avance de estos sistemas lóticos hacia el

Cuadro 1. Estructura poblacional de las asociaciones de las principales especies de ostrácodos del testigo LCH2. **TB**, tanatocenosis de baja energía; **BB**, biocenosis de baja energía; **BA**, biocenosis de alta energía. **X**, menos de 10 individuos / *ostracod population age structure of main species from LCH2 core*. **TB**, low energy thanatocoenosis; **BB**, low energy biocoenosis; **BA**, high energy biocoenosis. **X**, less than 10 individuals.

Nivel (cm)	<i>Cyprideis hartmanni</i>	<i>Limnocythere</i> sp. aff. <i>L. staplini</i>	<i>Heterocypris similis</i>	Asociación total
4	BA	X	X	BA
5,5	BA	X	BA	BA
7	TB	BA	BA	BB
8,5	BB	BA	BA	BB
10	BB	BA	x	BB
11,5	TB	BB	TB	TB
13	BA	X	X	BA
14,5	BB	BA	BA	BB
16	TB	BA	BB	TB
17,5	TB	BA	X	TB
19	BB	BB	X	TB
20,5	BB	TB	X	TB
22	BA	X	X	BA
23,5	BB	TB	X	TB
25	BA	TB	X	BB
26,5	BA	BB	X	TB
28	BA	TB	X	BB
29,5	BA	TB	X	TB
31	X	BB	BB	TB
32,5	X	BB	BB	TB
34	X	BA	BA	BB
35,5	X	BA	BB	BB
37	X	BB	BB	TB
Total	BB	BA	BA	BB

sur. Datos adicionales tales como el estado de preservación de los ostrácodos y su estructura poblacional apoyan esta hipótesis. Por ejemplo, en el banco de arena fina limosa que constituye la base de la sección media se reconocieron exclusivamente biocenosis de baja energía, lo que permite descartar transporte en flujos turbulentos asociados a crecidas que resultarían en tanatocenosis o biocenosis de alta energía. Esta facies costera arenosa es cubierta por facies limo-arenosas y limo arcillosas que representan en la actualidad facies perimetrales no asociadas a la desembocadura de los arroyos y de centro de laguna respectivamente (Dangavs *et al.*, 1996).

Las tres secuencias granodecrecientes descriptas representan tres ciclos de aumento progresivo de la superficie del espejo de agua, pasándose sucesivamente de facies costeras areno-limosas asociadas a la desembocadura fluvial a facies perimetrales y más centrales correspondientes a una expansión del espejo de agua. El episodio de mayor aporte clástico alógeno se ubica en la base de la secuencia 2, indicando que ese momento coincide con una importante retracción y el avance de los sistemas lóticos hacia el sur. En el resto de la secuencia la composición carbonatada y orgánica y los bajos valores de susceptibilidad magnética indican que la sedimentación fue predominantemente endogénica.

Variabilidad de las lagunas y modelo conceptual de respuesta hidroecológica

Dada la estructura y funcionamiento de las lagunas pampeanas, durante los ciclos de inundación y sequía se producen profundos cambios en las condiciones hidroecológicas (Maizels *et al.*, 2003). Durante prolongados períodos de déficit hídrico se produce un aumento en la conductividad y en el pH, la desecación de los sectores marginales de la laguna y el concomitante avance de plantas halófitas. Durante los períodos de excesos hídricos tiene lugar una marcada disminución de la conductividad, del pH y del oxígeno disuelto y se produce un rápido crecimiento de la flora acuática (Halcrow, 1999). Como consecuencia de un efecto de remanso en el río Salado, hay un intercambio activo entre el río y la laguna, acompañado de un aumento de compuestos orgánicos como consecuencia del intercambio de nutrientes entre la laguna y los suelos circundantes ricos en humus (Maizels *et al.*, 2003). Durante este período se produce la recarga y el ascenso de los acuíferos, cuyo aporte al agua superficial favorece la permanencia del agua estancada (Miretzky *et al.*, 1998).

Las observaciones sobre el rango de variabilidad natural de los sistemas lénticos del partido de Chascomús y áreas adyacentes nos permiten afirmar que cuando las aguas son hipohalinas ($TDS < 0,5$ g/l) se verifica la relación $HCO_3^- > Cl^-$; cuando las aguas son β -oligohalinas ($0,5 < TDS < 2,5$ g/l) no hay anión dominante, pudiendo verificarse tanto $HCO_3^- > Cl^-$ como la relación inversa; mientras que cuando las aguas son α -oligohalinas ($2,5 < TDS < 5$ g/l) o mesohalinas ($5 < TDS < 18$ g/l), la relación es siempre $Cl^- > HCO_3^-$; en todos los casos $Na^+ \gg Ca^{+2}$ (datos del Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires, Subsecretaría de Actividades Pesqueras de la provincia de Buenos Aires, 1996-2007). Por otro lado, en estudios geoquímicos realizados sobre el río Salado en proximidades de Chascomús (Miretzky *et*

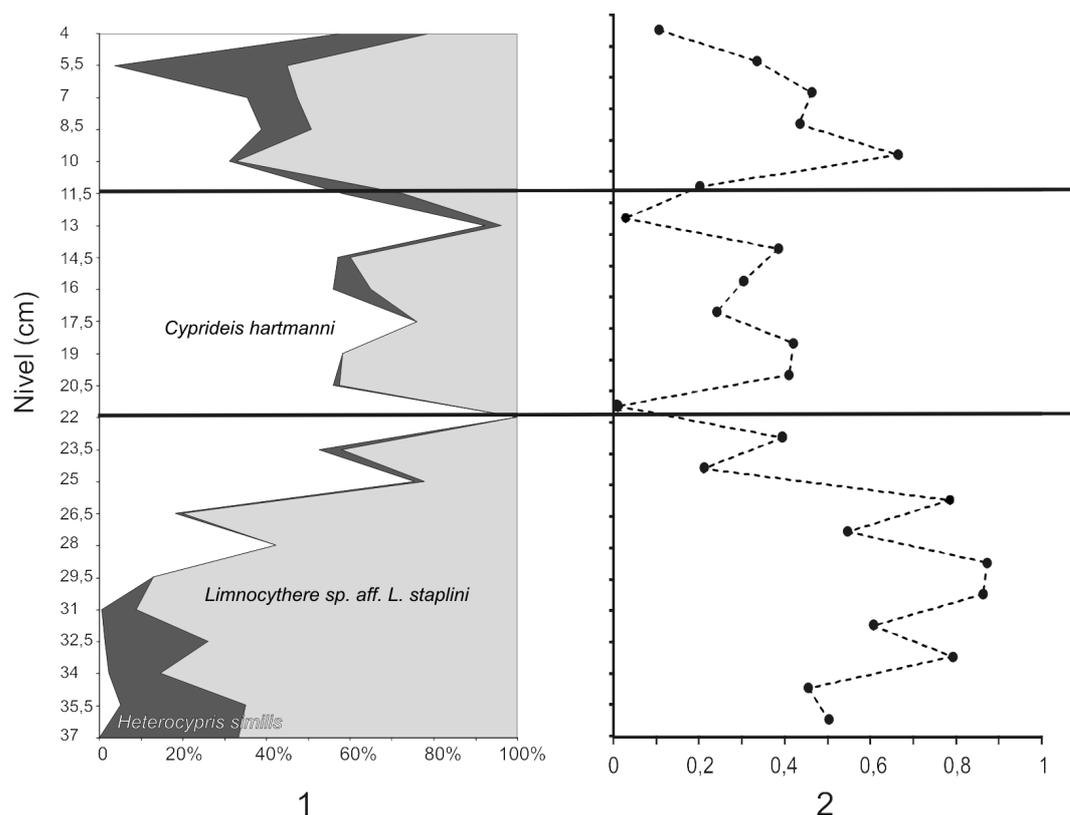


Figura 5. 1. Contribución relativa de las principales especies de ostrácodos en las asociaciones del testigo LCH2 / *relative contribution of main ostracod species in LCH2 core assemblages.* **2,** Índice de alcalinidad definido como $IA = (100 + (3\% \text{ *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini*)} - 3\% \text{ *Heterocypris similis*}) - 2\% \text{ *Cypridopsis vidua*}) - (\% \text{ *Cyprideis hartmanni*})/400$. Las líneas horizontales indican los límites entre las secciones descritas en el texto. / *alcalinity Index according to: $IA = (100 + (3\% \text{ *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini*}) - 3\% \text{ *Heterocypris similis*}) - 2\% \text{ *Cypridopsis vidua*}) - (\% \text{ *Cyprideis hartmanni*})/400$. Horizontal lines indicate the boundary between sections described.*

al., 1998, 2001) se verifica la relación $Cl^- > HCO_3^-$ y $Na^+ > Mg^{+2} > Ca^{+2} > K^+$ para salinidades oligohalinas y mesohalinas, mientras que para la desembocadura de los afluentes Vitel y Valdés, con salinidades β-mesoalinas ($0,5 < TDS < 2,5$ g/l) no hay anión dominante.

Considerando este modelo conceptual y el análisis de los ostrácodos contenidos en el testigo LCH2, podemos afirmar que los tres ciclos granodecrecientes tuvieron lugar bajo condiciones climáticas diferentes (figura 5). Mientras que en la parte inferior del testigo, correspondiente al primer ciclo, las asociaciones están dominadas por *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini*, y *Heterocypris similis* y *Cypridopsis vidua* están bien representadas en la base del ciclo, en el sector medio del testigo, que representa al segundo ciclo de expansión del cuerpo lagunar, las asociaciones están dominadas por *Cyprideis hartmanni*. En la parte superior del testigo, nuevamente aparece *L. sp. aff. L. staplini* como especie dominante acompañada por *H. similis* y *C. vidua*.

Limnocythere sp. aff. *L. staplini* fue registrado en ambientes límnicos y lóticos de la pampa bonaerense, en aguas dulces y oligohalinas (Laprida, 2006). *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* y *Cyprideis hartmanni* conviven AMEGHINIANA 46 (1), 2009

actualmente en la laguna, pero en la llanura pampeana *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* domina ampliamente en ambientes bicarbonatados de alcalinidad muy fuerte, con $HOC_3^- > Cl^-$ y con TDS menor a 1 g/l.

Heterocypris similis habita las costas de pequeños cuerpos de agua permanentes, donde vive preferentemente en sustratos arcillosos desprovistos de vegetación muy cercanos a la línea de costa. Es capaz de colonizar pequeños arroyos con sustratos areno limosos y pequeños cuerpos temporarios, asociado siempre a salinidades hipohalinas (Laprida, 2006). En Buenos Aires se halló en grandes poblaciones en ambientes con salinidades cercanas a los 2 g/l y en aguas cloruradas o hemicloruradas sódicas, aunque se la halla también aguas hemicarbonatadas con salinidades de hasta 3,5 g/l.

Cypridopsis vidua es una especie cosmopolita registrada en una gran variedad de hábitats continentales alrededor de todo el mundo. Es un nadador activo que suele preferir zonas costeras de lagos vegetados. Es una especie estenohalina que no soporta salinidades mayores a 8 g/l ni aguas con deficiencia en oxígeno (Meisch, 2000). En Buenos Aires fue hallada viviendo en ambientes hipohalinos y oligohalinos,

lóticos y lénticos, permanentes y temporarios de aguas fuertemente alcalinas.

Cyprideis hartmanni es una especie fuertemente eurihalina. Fue hallada viviendo asociada a vegetación litoral y en sustratos arenosos, en ambientes de energía baja y moderada. Laprida (2006) halló grandes poblaciones en arroyos y canales en la provincia de Buenos Aires con influencia marina y en lagunas permanentes con vegetación, en salinidades mesohalinas y oligohalinas. Ramírez (1967) la había registrado previamente en la laguna de Chascomús, en la laguna de Lobos (Rodríguez Capítulo *et al.*, 1995), laguna Salada Grande (Laprida, 2006) y posee registros en Brasil, en las lagunas de Río Grande do Sul (Ornellas y Würdig 1983), la Bahía de Guanabara (Vilela *et al.*, 2003) y en la laguna marginal de la bahía de Sepetiba (Dias-Brito *et al.*, 1988). Aunque soporta bien aguas bicarbonatadas sódicas, prefiere aguas con enriquecimiento salino (Ca^{+2} y Cl^- como iones dominantes) donde suele ser numericamente dominante. Es tolerante a situaciones de stress ambiental de origen antropogénico (Vilela *et al.*, 2003).

Si bien estas 4 especies conviven actualmente en la laguna (Laprida, 2006), la neta dominancia de alguna de ellas en los distintos sectores del testigo indica que en los últimos 500 años existieron variaciones en determinados parámetros ambientales que favorecieron a una u otra. Considerando las características ecológicas mencionadas previamente para cada una de las especies involucradas, es evidente entonces que la distribución de estas asociaciones responde a variaciones ambientales que afectaron la composición iónica, la alcalinidad y la salinidad de las aguas con tendencias de escalas multidecádicas.

Interpretación paleoambiental e implicancias paleoclimáticas

Tomando en cuenta las asociaciones de ostrácos, el comportamiento natural de los cuerpos de agua pampeanos y el modelo conceptual de Halcrow (1999), podemos establecer que las asociaciones *Limnocythere*-dominante indican condiciones de fuerte alcalinidad, con $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$ y salinidades β -oligo-halinas (figura 5). La presencia de *H. similis* en estas asociaciones indicaría salinidades cercanas a 2 g/l, y la presencia de *C. vidua*, la existencia de una abundante vegetación costera y el intercambio de agua con biotopos temporarios vecinos como consecuencia de las inundaciones y anegamientos frecuentes que favorecen los desbordes. En definitiva, estas asociaciones indicarían momentos predominantemente húmedos, en los que las características químicas de la laguna están determinadas por los flujos verticales consecuencia del aporte de agua subterránea en las

cuales $\text{HCO}_3^- >> \text{Cl}^-$ y $\text{Na}^+ >> \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{K}^+$, y de aportes meteóricos con $\text{pH} < 7$. Por su parte, las asociaciones *Cyprideis*-dominante indican un descenso de la alcalinidad, un aumento de la salinidad y de la salinización asociada a condiciones más secas que determinan una menor recarga relativa del acuífero, un descenso de los niveles piezométricos y la disminución de los intercambios verticales (figura 5). En esta etapa, en la laguna dominan los procesos de evaporación a partir de una solución en la cual $\text{HCO}_3^- >> \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ y $\text{Na}^+ >> \text{Ca}^{+2}$, donde se produce la precipitación de carbonatos y un enriquecimiento relativo en Cl^- , Na^+ y Mg^{+2} . Conzonno y Fernández Cirelli (1995 b) reconocieron fases de supersaturación de la carbonatos en aguas de la laguna durante el verano en períodos de escasa precipitación. La probable precipitación de calcita durante el verano como consecuencia de un incremento en el TDS fue propuesto por Miretzky (2001).

Fases paleoambientales

La integración de los distintos parámetros sedimentológicos y biológicos considerados, en conjunción con el modelo de edades y la recopilación de los datos históricos, han permitido inferir tres períodos paleoambientales en la laguna de Chascomús que de base a techo son:

Período 1 (aprox. 1480-1690 AD; 37-22 cm). Este período corresponde a la transición entre la época pre-conquista y los inicios de la colonización, ya que si bien la zona fue reconocida por los europeos en 1582, los primeros habitantes comienzan a instalarse aisladamente en la región recién a principios del siglo XVII. El incremento de los niveles de Zn y Cr a partir del nivel 29,5 cm indicaría el inicio de las actividades antrópicas alrededor de 1630. La sedimentación en este intervalo está representada por una sucesión grano-decreciente en la que predominan los elementos endógenos sobre los alóctonos, como lo demuestran los bajos valores de SI. El índice de alcalinidad es relativamente alto, con valores $> 0,45$. La sucesión comienza con un cuerpo de aguas fuertemente alcalinas, desprovisto de vegetación. La presencia de *Heterocypris similis* y la aparición de *Cypridopsis vidua* a los 34 cm indican ambientes marginales con salinidades oligohalinas cercanas a 2 g/l y desarrollo de la vegetación a partir de 1550 AD. La escasa representación en las asociaciones de *Cypridopsis vidua* (nunca supera el 5% respecto del total de las asociaciones) indicaría condiciones disóxicas propias de un escenario multidecádico de aguas altas. La dominancia de *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* indica un proceso de fuerte alcalinización por incremento de HCO_3^- . Estos niveles elevados del HCO_3^- sólo pueden ser justifica-

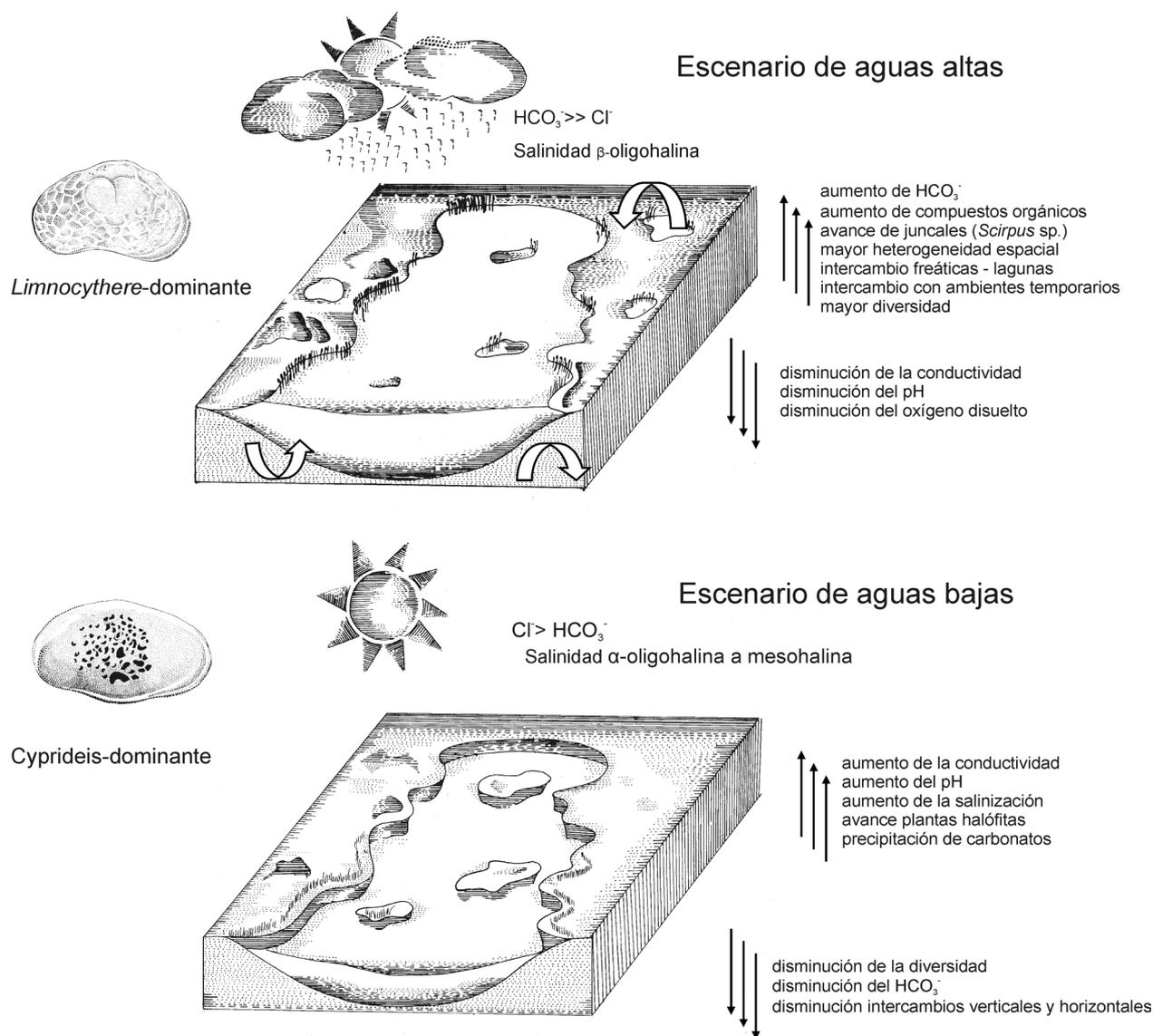


Figura 6. Modelo conceptual de respuesta hidro-ecológica de la Laguna de Chascomús con las características propias de escenarios multidecádicos asociados a períodos de mayor y menor disponibilidad hídrica. / hydro-ecological conceptual model from Laguna Chascomús and main ecological properties for multidecadic scenarios related with high- and low-hydric availability.

dos considerando que el período 1480-1690 fue predominantemente húmedo. Las lluvias frecuentes y abundantes habrían favorecido la recarga de los acuíferos, que siempre se habrían mantenido cercanos a la superficie, y permitido el establecimiento de cuerpos de salinidad β -oligohalina y pH relativamente bajos. Los frecuentes anegamientos habrían favorecido el intercambio entre las lagunas y los suelos circundantes ricos en humus, descendiendo aún más el pH, favoreciendo la alcalinización de las aguas e inhibiendo la precipitación de carbonatos. Esto habría favorecido la disolución de las valvas de los estadios ontogenéticos menos avanzados, dando origen a frecuentes biocenosis de alta energía y afectando asi-

mismo los valores de diversidad. El hallazgo de pirita en ciertos niveles de esta sección apoyan condiciones reductoras en fondos anóxicos de la laguna, coherentes con esta hipótesis. Las condiciones climáticas favorables habrían estimulado el establecimiento de colonos dedicados a actividades agrícola-ganaderas. Los registros históricos, disponibles sólo desde 1573, no mencionan grandes períodos de sequías sino hasta 1617. Si se analizan los archivos históricos, codificando los registros de sequías (asignándoles un valor de 1), de inundaciones (asignándoles un valor de 3), y considerando que los años sin mención fueron años "normales" (=2), se obtiene un gráfico cualitativo de las precipitaciones en la llanura pampeana

(figura 6). En dicho gráfico observamos que para el período 1573-1690, la mayoría de los años fueron "normales", sin eventos extremos hasta 1617. En el período 1617-1639, sobre 23 años hubo 11 menciones de déficit hídrico. De acuerdo a nuestro modelo de edades, estos eventos se corresponderían a la muestra 28 cm en la cual se registra una notable disminución en el tamaño de las poblaciones de *Limnocythere* y del IA, indicando descenso de la alcalinidad y aumento de la salinidad y salinización como consecuencia de la disminución de aportes hídricos a la laguna. Coincide asimismo con un pico en los valores de CT, relacionado probablemente a la precipitación de carbonatos. Hay un marcado descenso de la diversidad y de la abundancia. La presencia en este nivel de tanatocenosis de baja energía en *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* podrían indicar mortandades en masa. Hacia el techo, luego de un mejoramiento en las condiciones que dura más de 30 años sin menciones de sequías en los registros históricos, la situación comienza a desmejorarse nuevamente a partir de 1675 con 7 años con sequías sobre la década 1674-1683. Esta condición se refleja en disminución del IA, la presencia de tanatocenosis de baja energía de *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* y la dominancia progresiva de *Cyprideis hartmanni*.

Período 2 (aprox. 1700-1850 AD; 22-11,5 cm). Este período corresponde a la época de plena expansión de las actividades ganaderas como lo demuestra el incremento constante en los niveles de Cu y particularmente en los de Zn y Cr. La sedimentación en este intervalo muestra episodios de aporte de material alóctono detrítico asociados a eventos de retracción del cuerpo de agua, lo que se refleja en un incremento del material clástico > 75µm e incrementos en el SI. Esto indicaría que los aportes fluviales encausados aumentaron en relación al período previo. Las asociaciones de ostrácodos son *Cyprideis*-dominantes, indicando que se trata de un ambiente inestable con importantes fluctuaciones de salinidad determinadas probablemente por la rápida alternancia de fases húmedas y secas, pero con dominancia de fases secas. La dominancia de *Cyprideis hartmanni* y la escasa participación de *Heterocypris similis* indican salinidades inestables, frecuentemente menores a 2g/l.

Son frecuentes las biocenosis de alta energía y las tanatocenosis de baja energía, relacionadas probablemente con mortandades masivas de poblaciones bajo condiciones adversas y la frecuente removilización de los sedimentos del fondo asociada a los vientos en momentos de sequía (Dangavs *et al.*, 1996). Los valores de IA son bajos, indicando que las aguas habrían sido menos alcalinas que durante el período precedente.

En conclusión, durante el período 1700-1850 la salinidad habría alcanzado valores α -oligohalinos a

mesohalinos como consecuencia de frecuentes eventos de déficit hídrico. Cuando se producía la retracción de espejo de agua habría tenido lugar un aumento del pH y de la conductividad, favoreciendo la precipitación de carbonatos y por ende la salinización por enriquecimiento relativo en Cl⁻. A partir de los 16 cm *Heterocypris similis* es relativamente más abundante, indicando la presencia de vegetación asociada al establecimiento de ambientes más estables y salinidades algo más bajas, cercanas a las β -oligohalinas, alrededor del año 1790.

Si analizamos los archivos históricos, podemos confirmar que el siglo XVIII fue un período particularmente seco en la región pampeana (figura 6). En el período de 120 años que se desarrolla entre 1690 y 1810 hay 57 años con sequías, 7 de ellas con una duración de al menos 4 años. El período 1780-1799 (muestra 16 cm) parece haber sido más benigno, ya que hay sólo 4 menciones de sequías. Subsecuentemente, a partir de 1800 recrudece el déficit hídrico, registrándose 10 años con sequías entre 1800 y 1810. La sequía más severa tuvo lugar entre 1827 y 1832 en la que se mencionan enormes tormentas de polvo y al menos 1 millón de cabezas de ganado muertas. De acuerdo a nuestro modelo de edades, este evento correspondería a la muestra 13 cm, donde se reconocen biocenosis de alta energía asociadas probablemente a la removilización de los sedimentos del fondo y en donde *Cyprideis hartmanni* conforma el 89% de una asociación numéricamente muy pobre y de baja diversidad.

Según Politis (1984), durante el siglo XVIII tuvo lugar la Pequeña Edad de Hielo asociada a climas fríos y secos en la llanura pampeana. Deschamps *et al.* (2003) estimaron las precipitaciones en Buenos Aires a partir de 1800 y establecen que entre 1801 y 1850 la cantidad de precipitación caída está por debajo del rango de valores promedio establecidos para fines del siglo XIX.

Período 3 (1850 AD- 1950AD; 11,5 cm-techo). Este período corresponde a la época de establecimiento definitivo de los asentamientos humanos y la industrialización de la región. La sedimentación en este intervalo está representada por una sucesión granodecreciente en la que predominan los elementos endógenos sobre los alóctonos, en particular hacia el techo de la sección. Las asociaciones de ostrácodos son semejantes a las de la sección inferior, esto es, *Limnocythere*-dominantes. La sucesión comienza con un cuerpo de aguas fuertemente alcalinas, desprovisto de vegetación y salinidades oligohalinas probablemente cercanas a 2g/l. La creciente participación de *H. similis* a partir de los 8,5 cm indica un descenso de la conductividad y un frecuente intercambio faunístico con biotopos temporarios vecinos como consecuencia de los frecuentes anegamientos e inundacio-

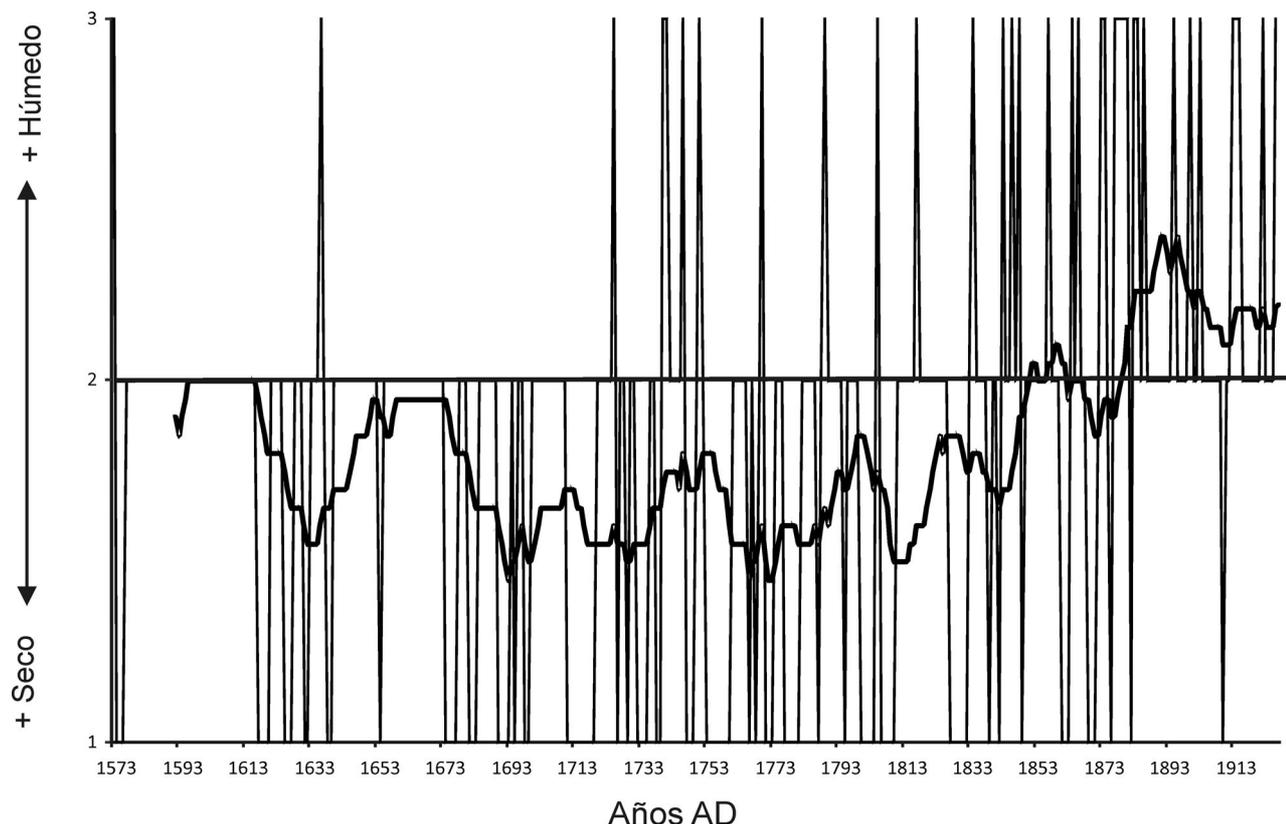


Figura 7. Evolución cualitativa de las precipitaciones en la llanura pampeana en base a los archivos históricos para el período desde 1573-1923. La codificación 1 corresponde a años con registros históricos de sequía; 2, a años "normales"; y 3, a años con registros históricos de inundaciones. La línea de tendencia es una media móvil con un período de 20 años semejante a la resolución del muestreo del testigo LCH2 / qualitative precipitation trends in the pampas plains based on historical archives between 1573-1923. Code 1 corresponds to drought events; code 2 corresponds to "normal" years; code 3 corresponds to floodings events. Tendency was calculated considering moving average grouping 20 years of data, similar to core sampling resolution.

nes. La dominancia de *Limnocythere* sp. aff. *L. staplini* indica un proceso de fuerte alcalinización por incremento de HCO_3^- en las aguas y la consecuente desalinización como consecuencia del importante aporte de aguas subterráneas y superficiales a la laguna; la escasa participación de *C. vidua* indicaría aguas disódicas, que son frecuentes en la actualidad durante los pulsos de inundación. Los registros históricos para este período son abundantes e incluso existen algunos registros instrumentales. Las estimaciones de precipitación propuestas por Deschamps *et al.* (2003) entre 1850 y 1860 están levemente por debajo del rango de valores promedio, pero entre 1880 y 1900 los valores medidos de precipitación los superan o están comprendidos en dicho rango. De acuerdo a los datos históricos, en 1857 se produce una enorme inundación de manera que el vapor "Río Salado del Sud" navega aguas arriba por el río Salado y llega hasta Chascomús. Veinte años después, en 1877, se produce una inundación semejante (Moncault, 2001). Las inundaciones de 1883-84 se consideran las mayores inundaciones registradas en el área, aunque la de AMEGHINIANA 46 (1), 2009

1900 tiene consecuencias más trágicas: mata a 20 millones de ovejas, 1 millón de cabezas de ganado e inunda 6 millones de hectáreas (Moncault, 2001).

El gráfico cualitativo de las precipitaciones en la llanura pampeana (figura 6) muestra claramente cómo esta tendencia se instaura a partir de 1850. Esta mayor disponibilidad de agua en el sistema pampeano favorece un escenario de aguas altas en el cual tiene lugar la disminución de la conductividad y del pH y el intercambio entre la laguna, los biotopos temporarios adyacentes y los suelos circundantes ricos en humus. Este aporte a la laguna de aguas meteóricas y de sustancias húmicas descende el pH, favoreciendo la disolución de los carbonatos y la alcalinización de las aguas. El hallazgo de pirita en ciertos niveles de esta sección apoyan esta hipótesis.

La presencia en estos niveles de biocenosis de alta energía de *H. similis* indica que se trata de elementos transportados desde ambientes costeros y biotopos vecinos, lo que refuerza el escenario de aguas altas, y si bien *Cyprideis hartmanni* se halla representada por biocenosis de baja energía en la base de esta sección, la

presencia de tanatocenosis de baja energía en el sector medio de la misma podrían indicar mortandades en masa. Hacia el techo, la exclusiva presencia de bioocenosis de alta energía puede estar indicando una pérdida diferencial de juveniles, más susceptibles a la disolución, en un ambiente hipereutrófico con condiciones ácidas en la interfase agua-sedimento que favorecen la disolución de carbonatos. El establecimiento de este tipo trófico puede haber ocurrido a partir de la década de 1910-1920 como consecuencia del impacto antrópico sobre la laguna, que se evidencia por un leve aumento del Cr en el nivel 7 cm y el monótono incremento del Zn, frecuentemente asociados al uso de fertilizantes (A. Navas, com. pers., 2008).

Conclusiones

Nuestro estudio demuestra que las lagunas pampeanas han sufrido variaciones hidro-ecológicas en escalas multiseculares en los últimos 500 años y que estos cambios son claramente un rasgo natural del ecosistema pampeano asociado a las variaciones climáticas en escalas multidecádicas. Existe una buena correspondencia entre las variaciones paleohidrológicas inferidas a partir de los proxies sedimentológicos y biológicos y los registros históricos de inundaciones y sequías.

Estas variaciones se manifiestan principalmente en el tipo de sedimentos y en hidroquímica de las aguas (la totalidad de sólidos disueltos y la naturaleza de los iones dominantes) a una escala pluridecadal, ya que la morfología y dinámica de las lagunas impide que el registro sedimentario preserve la señal de eventos de expansión-retracción del cuerpo de agua en escalas anuales y subdecádicas. Las asociaciones de ostrácodos reflejan claramente estas variaciones a través de cambios en las proporciones de las especies dominantes.

Según lo analizado con el modelo sedimentario y las asociaciones de ostrácodos, y considerando el modelo conceptual de Halcrow (1999), durante momentos en que la disponibilidad hídrica es mayor y las inundaciones más frecuentes, las aguas de la laguna habrían sido β -oligohalinas y HCO_3^- dominadas, como consecuencia del afloramiento de aguas subterráneas y los importantes aportes de agua meteórica. Durante estos momentos, las asociaciones habrían sido *Limnocythere*-dominadas. En contraposición, durante períodos de déficit hídrico, durante los cuales eran frecuentes largos períodos de sequía, las aguas de la laguna habrían sido α -oligohalinas a mesohalinas y Cl dominadas, como consecuencia de los procesos de concentración evaporativa, los escasos aportes meteóricos y el descenso del nivel de la freática, lo que habría limitado los intercambios verticales. Durante estos momentos, las asociaciones habrían sido *Cyprideis*-

dominadas. La dominancia de *Cyprideis* se habría incrementado desde fines del siglo XIX en coincidencia con el aumento del impacto antrópico sobre la laguna, evidenciado en el incremento de Zn, Cu y Cr.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado dentro del marco del proyecto "Procesos geoambientales de cambio global a través de registros lacustres en Argentina y España: eventos catastróficos y su respuesta antrópica", Proyecto de Cooperación Internacional Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Los proyectos "Características de la circulación atmosférica y su relación con fluctuaciones climáticas en parámetros regionales para la República Argentina" (CONICET - PIP 5006) y "Climatología - sinóptica de la circulación atmosférica en el cono sur de Sudamérica y su relación con la variabilidad climática" (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica - PICT 26094) colaboraron financiando parcialmente estos estudios. Los análisis geoquímicos fueron realizados en el Instituto Nacional de Geología Isotópica (INGEIS), Buenos Aires, Argentina.

Bibliografía

- Aldazábal, V., Weiler, N. E. y Eugenio, E. 2004. Una perspectiva geoarqueológica para comprender la ocupación humana en la costa central de la provincia de Buenos Aires. *Intersecciones en Antropología* 5: 29-38.
- Berasain, G. E. Colautti, D. C., Remes Lenicov, M., Velasco, C. A. 2005. Variaciones estacionales e históricas de las especies ícticas de la laguna Chascomús. *Biología Acuática* 22, 2005: 47-58.
- Brady, G.S y Robertson, D. 1870. The ostracoda and foraminifera of tidal rivers. Part 1. *Annals and magazine of Natural History* (Series 4) 9: 48-70.
- Chaparro, M.A.E, Lirio, J.M., Núñez, H., Gogorza, C.S.G. y Sinoto, A.M., 2005. Preliminary Magnetic Studies of Lagoon and Stream Sediments from Chascomús Area (Argentina) - Magnetic Parameters as Pollution Indicators and Some Results of Using an Experimental Method to Separate Magnetic Phases. *Environmental Geology* 49: 30-43.
- Conzonno V. H. y Claverie, E. 1990. Chemical characteristics of the water of Chascomús pond (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Limnological implications. *Revista Brasileira Biología* 50: 15-21.
- Conzonno, V. y Fernández Cirelli, A., 1987. Soluble humic substances from the affluents of Lake Chascomús (Argentina). *Archiv für Hydrobiologie*. 109: 305-314.
- Conzonno, V. y Fernández Cirelli, A. 1995a. Dissolved organic matter in Chascomús pond (Argentina). Factors influencing distribution and dynamics, *Hydrobiologia* 297: 55-59.
- Conzonno, V. H. y Fernández Cirelli, A. 1995b. Dissolved organic matter in Chascomús Pond (Argentina). Influence of calcium carbonate on humic acid concentration. *Hydrobiologia* 297: 55-59.
- Conzonno, V., Miretzky, P. y Fernández Cirelli, A. 2001. The impact of man-made hydrology on the lower stream bed of the Salado River drainage basin (Argentina). *Environmental Geology* 40: 968-972.
- Cordini, I. R. 1938. La laguna de Chascomús (provincia de Buenos Aires). Contribución a su estudio limnológico. *Ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección de Minas y Geología, Boletín* 44, 33 pp.

- Dangavs, N. 1976. Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en lagunas pampásicas. *Limnobiología* 1: 25-39.
- Dangavs, N.V., Blasi, A.M. y Merlo, D.O. 1996. Geolimnología de la Laguna de Chacomús, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista del Museo de La Plata, nueva serie, Geología* 9: 167-195.
- Dangavs, N.D., Merlo, D.O., Mormeneo, M.L. 2006. Geolimnología de los cuerpos lénticos de la cuenca del arroyo "La Vigilancia", Chacomús, Provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata, Geología* 12: 1-29.
- Deschamps, J. R., Otero, O. y Tonni, E. P. 2003. *Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones de los siglos 18 al 20*. Documentos de Trabajo N° 109. Departamento de Investigación. Universidad de Belgrano, 18 pp.
- Dias-Brito, D., Moura, J. y Würdig, N. 1988. Relationship between ecological models based on Ostracoda and Foraminifers from Sepetiba Bay (Rio do Janeiro, Brazil). En: T. Hanai, N. Ikeya y K. Ishizaki (eds.), *Evolutionary Biology on Ostracoda. Proceedings of the 9^o International Symposium on Ostracoda* (Tokyo): 467-484.
- Fernández, C. A. y Romero, E. J. 1984. Palynology of Quaternary sediments of Lake Chacomús, northeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 2: 201-221.
- Fernández Cirelli, A. 2003. Procesos geoquímicos que determinan la calidad de agua. En: A. Fernández Cirelli (ed.), *El agua en Iberoamérica. Aportes para la integración entre los organismos de gestión y los centros de investigación*. Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. CYTED 17, Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos: 31-38.
- Fernández Cirelli, A. y Miretzky, P. 2004. Ionic relations: a tool for studying hydrogeochemical processes in Pampean shallow lakes (Buenos Aires, Argentina). *Quaternary International* 114: 113-121.
- Frenguelli, J. 1950. *Rasgos generales de la morfología y de la geología de la provincia de Buenos Aires*. M.O.P. (Bs.As.). Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, Serie II N° 30, La Plata, 72 pp.
- Gutentag, E.D. y Benson, R.H. 1962. Neogene (Plio-Pleistocene) fresh water ostracodes from the Central High Plains. *State Geological Survey of Kansas, Bulletin* 157: 1-60.
- Halcrow Consortium 1999. *Plan Maestro Integral Cuenca del Río Salado, Informe Final*. Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires. La Plata, Argentina. <http://www.mosp.gba.gov.ar/>
- Iriondo, M. 1984. The Quaternary of northeastern Argentina. En: J. Rabassa (ed.), *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 2: 51-78.
- Klie, W. 1940. Süßwasserostrocoden aus Nordosbrassilien 6. *Cyprinae mit geisselförmigen Furka*. *Zoologischer Anzeiger* 130: 219-229.
- Laprida, C. 2006. Ostrácodos recientes de la llanura pampeana, Buenos Aires, Argentina: ecología e implicancias paleolimnológicas. *Ameghiniana* 43: 181-204.
- Laprida, C., Compagnucci, R., Chaparro, M., Sinito, A.M., Valero Garcés, B. y Navas, A.M. 2006. 500-year-record multiproxy paleolimnology study of a shallow pampean lake and GCR flux. *Simposio Reconstructing Past regional Climate Variations in South America over the Late Holocene: a new PAGES initiative*. (Mendoza), Abstracts: 63-64.
- Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T. y Prather, M. 2007. Historical Overview of Climate Change. En: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Maizels, P., Etchepare, E., Chornomaz, E., Bustingorry, J., Escaray, R., Conzonno, V. 2003. Parámetros abióticos y biomasa planctónica en la Laguna Chacomús (provincia de Buenos Aires), período de inundación 2002. *Biología Acuática* 20: 611.
- Mazzanti, D. 1994. *Control del ganado caballar a mediados del siglo XVIII en el territorio indio del sector oriental de las sierras de Tandilia. Huellas en la tierra. Indios, agricultores y hacendados en la pampa bonaerense*. Instituto de Estudios Históricos y Sociales, Tandil. pp. 75-89.
- Mazzanti, D. 2003. Territorialidad y sociedades indígenas durante los últimos 1000 años. 5^o Jornadas de Sociedades Indígenas Pampeanas (Mar del Plata) *Actas, LARBO, Mar del Plata*, pp.6-11.
- Meisch, C. 2000. Freshwater Ostracoda from western and central Europe. *Spektrum Akademischer*, 523 pp.
- Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Subsecretaría de Actividades Pesqueras de la Provincia de Buenos Aires 1996-2007. *Informes técnicos del plan de estudios ictiológicos de las lagunas bonaerenses*. <http://www.maa.gba.gov.ar/pesca/>.
- Miretzky, P.S. 2001. [Procesos geoquímicos en la cuenca baja del Río Salado, Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral Universidad de Buenos Aires. 383 pp., inédito].
- Miretzky, P., Herrero, M., Galindo, G. y Fernández Cirelli, A. 1998. Caracterización de los recursos hídricos en la zona del sistema de las lagunas encadenadas de Chacomús. Provincia de Buenos Aires. Estudios Preliminares. *Revista de la Asociación Argentina de Geología aplicada a la Ingeniería y al ambiente* 12, 85-100.
- Miretzky, P., Consonno, V. y Fernández Cirelli, A. 2000. Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentine. *Environmental Geology* 39: 951-956.
- Miretzky, P., Consonno, V. y Fernández Cirelli, A. 2001. Geochemical processes controlling silica concentrations in groundwaters of the Salado River drainage basin (Argentina). *Journal of Geochemical Exploration* 73, 155-166.
- Moncault, J.A. 2001. *Inundaciones y sequías en la pampa bonaerense 1576-2000*. Editorial El Aljibe, 106 pp.
- Müller, G.V., Compagnucci, R.H., Nuñez, M.N. y Salles, M.A. 2003. Surface circulation associated with frost in the wet Pampas. *International Journal of Climatology* 23: 943-961.
- Müller, O.F. 1776. *Zoologiae Danicae Prodromus, seu animalium daniae et norvegiae indigenarum caracteres, nomina et synonyma impris popularium*. *Havniae* 1-32:1-282.
- Ornellas, L.P. de y Würdig, N.L. 1983. *Cyprideis salebrosa hartmanni* Ramírez, 1967, a new subspecies from Brazil and Argentina. *Pesquisas* 15: 94-112.
- Palacios-Fest, M., Carreño, A.L., Ortega-Ramírez, J.R. y Alvarado-Valdéz, G. 2002. A paleoenvironmental reconstruction of Laguna Babicora, Chihuahua, México, based on ostracode paleoecology and trace element Shell chemistry. *Journal of Paleolimnology* 27: 185-206.
- Pinto, I.D. y Kotzian, S.C.B. 1961. Novos ostracodes da Familia Darwinulidae e a variaçao das impressoes musculares. *Boletim Instituto de Ciencias Naturais* 6: 31.
- Politis, G.G. 1984. Climatic variations during historical times in eastern Buenos Aires pampas, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 2: 133-161.
- Politis, G. 1988. Paradigmas, modelos y métodos en la arqueología de la Pampa bonaerense. *Arqueología Contemporánea Argentina* 1: 59-108.
- Politis, G. 2005. *Los aportes de Guillermo Madrazo a la arqueología pampeana*. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/127/12701606.pdf>.

- Quirós R. 1988. Relationships between air temperature, depth, nutrients and chlorophyll in 103 Argentinian lakes. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 23: 647-658.
- Quirós, R., Rennella, A.M., Boveri, M.B., Rosso, J.J. y Sosnovsky, A. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología Austral* 12: 175-185.
- 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.
- Ringuelet, R.A. 1942. Ecología alimentaria del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) con notas limnológicas sobre la laguna de Chascomús. *Revista del Museo de La Plata, nueva serie* 2; *Zoología* 17: 427-461.
- Ringuelet, R.A. 1962. *Ecología acuática continental*. Eudeba, 138 pp.
- Rodríguez Capítulo, A., Paggi, A.C., César, I. 1995. Composición del zoobentos de la laguna de Lobos, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Limnética* 2: 29-37.
- Ronderos, R. A., Bulla, L. A., Schnack, J. A. y Ves Losada, J. C. 1967. Estudio del pleuston y bafon de las Lagunas Chascomús y Yalca (Pcia Buenos Aires). Su composición y variación estacional. *Anales Comisión Científica de la Provincia de Buenos Aires* 7: 311-391.
- Sala, J.M. 1975. Recursos hídricos (especial mención de las aguas subterráneas). En: V. Angelelli *et al.* (eds.), *Relatorio. Geología de la provincia de Buenos Aires. 6º Congreso Geológico Argentino, Actas*: 169-194.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Bard, E., Beck, J.W., Burr, G.S., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J., Spurk, M. 1998. Intcal98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon* 40: 1041-1083.
- Tell, G.H. 1973. Sobre algunas diatomeas de la laguna de Chascomús (Prov. Buenos Aires, Argentina). *Boletín Sociedad Argentina Botánica* 15: 51-71.
- Tricart, F. 1973. *Geomorfología de la Pampa Deprimida*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario, Colección Científica 12. Buenos Aires, 202 pp.
- Vilela, C.G., Sanjinés, A.E.S., Ghiselli Jr., R.O., Mendonça Filho, J., Baptista Neto, G.J.A. y Barbosa, C.F. 2003. *Search for Bioindicators of Pollution in the Guanabara Bay: Integrations of Ecologic Patterns*. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* Volume 26: 25-35.
- Wierzejski, A. 1893. Skoripuaki i wrotki (Rotatoria) slodkowodne zebrane W Argentynie. *Rozprawy Akademii Umiejenosci, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy* 24: 229-249.
- Yacubson, S. 1965. El fitoplancton de la Laguna Chascomús (Prov. Buenos Aires), con algunas consideraciones ecológicas. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales "B. Rivadavia", Hidrobiología* 1: 197-267.

Recibido: 28 de marzo de 2008.

Aceptado: 15 de octubre de 2008.