

GEOLOGÍA DE LAS CUENCAS DE DESAGUADERO Y BEBEDERO (PLEISTOCENO TARDÍO-Holoceno), SAN LUIS, ARGENTINA

Jorge O. Chiesa ¹, Guillermo E. Ojeda ¹, Eimi A. Font ²

¹ Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis. Ejército de los Andes 950, (5700) San Luis, Argentina.
chiesa@unsl.edu.ar; ojeda@unsl.edu.ar

² Conicet, CCT-San Luis. Ejército de los Andes 950 (5700) San Luis, Argentina. luego poner el email de la autora Font. eimifont@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received April 26, 2015

Accepted November 25, 2015

Available online December 12, 2015

Handling Editor

Eduardo Piovano (Guest Editor)

Keywords

Estratigrafía
Geomorfología
Paleontología
San Luis

RESUMEN

Se presenta la descripción de los sedimentos cuaternarios y primer mapeo morfoestratigráfico de detalle de las sucesiones aflorantes en el sector centro-occidental de la provincia de San Luis, correspondientes al valle del río Desaguadero y la depresión del Bebedero. La Formación Arco del Desaguadero (Rodríguez y Barton, 1993) constituye la única unidad definida en la región y dichos autores la vincularon al intervalo temporal correspondiente al "Lujanense" (Pleistoceno tardío) sugiriendo su perfil tipo en el área de confluencia del arroyo Jarilla y el río Desaguadero. Se propone la integración de la Formación Arco del Desaguadero en tres unidades de menor categoría, Miembro Salina del Bebedero (Pleistoceno tardío), Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio) y Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío). El Miembro Salina del Bebedero constituye una sucesión fluvial dominada por gravas arenosas de alta energía (paleocosta de salina del Bebedero) y areniscas limosas de moderada energía (base del río Desaguadero), de tonos castaño amarillentos a rojizos, con fechados radiocarbónicos de 20.140 ± 170 a $^{14}\text{C AP}$ (23.963-24.368 años cal. AP) y 15.280 ± 200 a $^{14}\text{C AP}$ (18.283-18.723 años cal. AP) en la depresión del Bebedero.

El Miembro Río Desaguadero presenta una ciclicidad de depósitos fluviales y lacustres considerando los afloramientos del arroyo Jarilla y una perforación del centro de salina del Bebedero. En su evolución dominan las areniscas limosas, de tonos castaño rojizas, amarillentas y verdosas, aislados estratos de tonos blanco y gris con altas concentraciones de carbonato y yeso, y edades radiocarbónicas entre 10.700 ± 170 a $^{14}\text{C AP}$ (12.180-12.743 años cal. AP) y 6.519 ± 54 a $^{14}\text{C AP}$ (7.324-7.433 años cal. AP).

El Miembro Dos Anclas, representa un conjunto de depósitos de escasa potencia aflorante, variada litología y amplia distribución areal. Corresponden a las limolitas fluviales del paleocanal de río Tunuyán, las limolitas y evaporitas de la salina del Bebedero, las limolitas arenosas del paleosuelo y las areniscas limosas de la planicie aluvial, con edades radiocarbónicas entre 3.444 ± 54 a $^{14}\text{C AP}$ (3.570-3.718 años cal. AP) y 930 ± 60 a $^{14}\text{C AP}$ (731-904 años cal. AP).

Los aspectos geomorfológicos destacados involucran a la planicie aluvial pedemontana de la cerrillada de las Cabras (serranías occidentales), la profunda incisión fluvial que representan las barrancas en el valle del río Desaguadero (depresión occidental), la notable expansión del paleolago en la salina del Bebedero (depresión longitudinal central), y la llanura de inundación del arroyo Bebedero. La diversidad y abundancia de los moluscos es relativamente escasa, así,

la paleocosta externa en salina del Bebedero, los estratos cuspidales del río Desaguadero y los niveles del paleocanal de río Tunuyán constituyen las sucesiones destacadas y vinculadas con los fechados radiocarbónicos. Los girogonitos de las carófitas tienen su mayor representatividad en los estratos del arroyo Jarilla. Considerando las descripciones estratigráficas, características geomorfológicas zonales, nuevas edades radiocarbónicas y evidencias paleontológicas de gasterópodos y caráceas se logró proponer la evolución de las cuencas en respuesta a los estadios climáticos vinculados al Último Máximo Glacial y postglacial Holoceno (MIS 2 y 1).

EXTENDED ABSTRACT

Geology of the Desaguadero and Bebedero Basins (Late Pleistocene-Holocene), San Luis, Argentina

The main purpose of this contribution is to present an updated vision of the knowledge of the Quaternary sedimentary successions and the first morphostratigraphic mapping of the central-west of San Luis province, at the distal eastern piedmont plain of the Cordillera de los Andes. These sequences are composed of deposits of fluvial, fluvial-lacustrine and alluvial-aeolian origin and their main outcrops are exposed in the central-western region of the San Luis province and the central-east sector of Mendoza province, in the Desaguadero River valley and the Bebedero depression (Fig. 1).

The main geomorphological units of the area are the tectonic depressions known as depresión longitudinal central and depresión occidental, and the serranías occidentales hills (González Díaz, 1981), represented in the study area by the Cabras hill. The Desaguadero River valley is a notorious north-south elongated feature on the depresión occidental unit, with a main channel incised approximately between 3 and 11 meters into an older fluvial plain.

The Bebedero depression is a subunit in the southern part of the depresión longitudinal central, interpreted as a fault-block basin (González, 1994) and structured at the east of the Desaguadero block (Ortiz *et al.*, 1977) from the Diaguita tectonic event (late Pliocene). It contains the present day saline of Bebedero surface and paleoshores linked to the remarkable Late Pleistocene-Holocene expansion of an approximately 650 km² paleolake, when the Desaguadero River and the Bebedero depression were connected from the south with the Bebedero

Arroyo. The Bebedero depression and the Desaguadero River are separated by the Cabras hill and its underground continuity to the south in the Pencoso-Donado structural high, through a broad and very low slope piedmont covered by a mixed of alluvial and aeolian deposits.

The Arco del Desaguadero Formation (Rodríguez y Barton, 1993) is the only Quaternary unit defined in the region and its typical sedimentary profile outcrops at the confluence of Jarilla Arroyo in the middle basin of the Desaguadero River. Here, the base of the Arco del Desaguadero Formation overlies an erosional unconformity carved on deposits which we attribute to lower to middle Pleistocene (Fig. 3). On the other hand, the sedimentary sequences present in the Bebedero depression have been linked to climatic events and piedmont deposits in the Cordillera de los Andes (González, 1981), but they have not been referred to any lithostratigraphic unit in particular.

Considering stratigraphy, regional geomorphology, paleontological records of gastropods and charophytes, and new radiocarbon ages, we propose three lower-level units composing the Arco del Desaguadero Formation, namely: Salina del Bebedero Member (late Pleistocene), Río Desaguadero Member (early to middle Holocene) and Dos Anclas Member (late Holocene) (Table 1; Fig. 2).

The Salina del Bebedero Member is a fluvial succession dominated by sandy gravels (high-energy environment) as in saline of Bebedero paleoshores (Figs. 4, 5) and silty sands (moderate-energy environment) as the ones at the basal strata on the Desaguadero River banks (Figs. 6-8). They present gray to brown yellowish-reddish colors and, at the saline of Bebedero paleoshores, have radiocarbon dates of 20.140 ± 170 y ¹⁴C BP (23.963-24.368 cal

yr BP) and 15.280 ± 200 y ^{14}C BP (18.283-18.723 cal yr BP).

The Río Desaguadero Member is characterized by a cyclicity of fluvial and lacustrine deposits outcropping in the arroyo Jarilla banks (Fig. 9), as well as identified in the core taken from the borehole drilled at the center of saline of Bebedero (Fig. 10). These deposits are dominated by silty sands with reddish brown, yellowish and greenish colors and isolated layers containing high concentrations of carbonate and gypsum of white and gray colors, whose radiocarbon ages are in the range between 10.700 ± 170 y ^{14}C BP (12.180-12.743 cal yr BP) and 6.519 ± 54 y ^{14}C BP (7.324-7.433 cal yr BP).

The Dos Anclas Member represents a set of relatively thin outcropping deposits (less than 3 meters), but widely distributed in the region and with high variability of sediments, which suggest different depositional conditions (Fig. 11) such as the fluvial silts of the Tunuyán River paleochannel (Figs. 12-14), the evaporites of Bebedero depression, and the sandy silt of paleosoil and silty sands of floodplain units (Table 4). The radiocarbon ages range from 3.444 ± 54 y ^{14}C BP (3.570-3.718 cal yr BP) to 930 ± 60 y ^{14}C BP (731-904 cal yr BP).

Paleontological record includes the presence of shells restricted to certain levels of the external paleoshore in the saline of Bebedero, Desaguadero River and paleochannels of Tunuyán River, from which radiocarbon datings were possible. We report the presence of the shells of the gastropods: *Chilina mendozana*, *Heleobia parchappii*, *Biomphalaria peregrina*, *Succinea meridionalis* (Fig. 15), the family Ancyliidae, Lymnaeidae, Physidae and Pupillidae, as well as few specimens of the bivalves *Pisidium chiquitanum* and *Musculium aff. patagonicum* (Fig. 16). The gyrogonites of charophyta have their greatest representation in the strata of arroyo Jarilla and are recognized as *Chara contraria*, *Chara cf. papillosa*, *Chara halina* and *Chara hornemannii* (Fig. 17).

The evolution of these sedimentary basins responds to climatic stages linked to the Last Glacial Maximum and the Holocene Postglacial, under the influence of a paleo-landscape generated by the effects of neotectonics. In this context, the Desaguadero regional fault in the depresión occidental and local faults southward of the Bebedero depression are the main structures (González, 1994).

High-energy fluvial regimes during late Pleistocene in the region are expressed through the incision

of early to middle Pleistocene deposits in the Desaguadero River basin and the expansion of the Bebedero paleolake. This fluvial erosion originated the paleosurface where the Salina del Bebedero Member was deposited.

During the early Holocene, probably related to the fluctuations of the Hypsithermal, sedimentary deposits in conditions of lower fluvial energy and local lacustrine bodies were developed (Río Desaguadero Member). The marked variability of late Holocene climatic conditions is manifested by restricted fluvial deposits, alluvial soil development, and aeolian sediments, all of them being encompassed by the Dos Anclas Member.

Finally, during the last centuries, the region has suffered a climate crisis that characterizes the South American Arid Diagonal (Piovano *et al.*, 2009), while the relationship between seismic events and strong river discharges has caused the retreat of headers and the incision of the Desaguadero River channel, as well as the desiccation of the lake and the development of the Bebedero saline.

Keywords: Stratigraphy, Geomorphology, Paleontology, San Luis.

INTRODUCCIÓN

Los sedimentos cuaternarios de la provincia de San Luis han recibido escasa atención en comparación con el resto de los depósitos cenozoicos argentinos, aun cuando se destacan relevamientos de escala zonal, a cuyas características sedimentológicas y/o geomorfológicas se suman evidencias paleontológicas y edades radiocarbónicas (Latrubesse y Ramonell, 1990; Iriondo, 1999 a,b; Strasser *et al.*, 2000; Tripaldi y Forman, 2007; Chiesa y Strasser, 2009; entre otros). Específicamente, los estudios referidos a los depósitos cuaternarios de la región centro-oeste de la provincia de San Luis son muy escasos. Entre estos sedimentos se destacan los depósitos fluvio-lacustres del valle del río Desaguadero (Rodríguez, 1966) y su relación con la depresión de Bebedero (González, 1981), rodeados por la amplia planicie aluvio-eólica que vincula la depresión longitudinal central con la depresión occidental o ambiente del río Desaguadero-Salado (González Díaz, 1981). A su vez, este último ambiente se proyecta hacia el oeste en la depresión de la Travesía en la provincia de Mendoza (González Díaz y Fauqué, 1993).

El área de estudio abarca un sector de una gran cuenca fluvial cuyas cabeceras se ubican en el borde oriental de la cordillera de los Andes y está representada por los ríos Bermejo, San Juan, Mendoza, Desaguadero, Salado y Colorado, los que a su vez reciben aportes de otros cursos como el Tunuyán, Diamante y Atuel, y que finalmente desembocan en el océano Atlántico. La relación entre la cuenca del río Desaguadero y la salina del Bebedero se establece a partir de las coordenadas 33°51'S-66°50'O (30 km al suroeste de la salina), donde una amplia depresión es recorrida por el arroyo Bebedero. Ello permitió durante el Pleistoceno tardío y Holoceno temprano el ingreso de los importantes caudales del sistema fluvial y la formación de una extensa laguna hasta fines del siglo XIX, en cuya cuenca se genera el actual depósito salino.

El objetivo de esta contribución es dar a conocer una visión actualizada del conocimiento del cuaternario del centro-oeste de San Luis, basada en una descripción detallada de las unidades geomorfológicas, nuevas evidencias paleontológicas y edades radiocarbónicas. Posteriormente, y sobre la base de estos nuevos resultados, se presenta una propuesta de división de la Formación Arco del Desaguadero (Rodríguez y Barton, 1993) en tres unidades estratigráficas menores: Miembro Salina del Bebedero (Pleistoceno tardío), Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio) y Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío). Esta división permite extender geográficamente la mencionada formación, descrita para un acotado sector de la cuenca del río Desaguadero, incorporando los depósitos aflorantes en la depresión de Bebedero, así como donde aún no se han definido unidades litoestratigráficas en el sector occidental de San Luis.

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio queda comprendida entre las coordenadas 33°22' y 33°45' latitud sur y 66°33' y 67°11' longitud oeste (Fig. 1). La ruta nacional N° 7 con dirección este-oeste, constituye la principal vía de acceso por el sector septentrional, desde donde se apartan las rutas provinciales N° 15 que accede al norte de la salina, la N° 26 que transita sobre la divisoria de aguas que constituye la cerrillada de las Cabras, la N° 49 por el borde oriental del río Desaguadero, y que en sentido este-oeste se conecta con la N° 11, para

luego llegar a la ruta nacional N° 146.

Climáticamente esta región constituye la transición entre la zona semiárida occidental de la llanura Pampeana y el ambiente árido pedemontano distal de cordillera, coincidente con el borde oriental de la Diagonal Árida Sudamericana (Córdoba *et al.*, 2014). Desde el punto de vista fitogeográfico corresponde a un ecotono entre las provincias de Chaco y Monte-Espinal, en el dominio del Chaco (Cabrera, 1976), donde las precipitaciones tienen un marcado carácter estacional y fundamentalmente durante el periodo estival. Según valores tomados de Hijmans *et al.* (2005) para el periodo 1950-2000, la precipitación media anual varía entre 475 mm en el sector oriental a 350 mm en el sector occidental del área de estudio, con valores de evapotranspiración actual entre 400 mm y 300 mm, respectivamente.

Desde el punto de vista geológico, el área de estudio involucra dos cuencas separadas por un relieve estructural y fuertes evidencias de actividad neotectónica (Fig. 2). De acuerdo a González Díaz (1981), la salina del Bebedero constituye el sector distal y austral de la depresión longitudinal central, mientras que la cuenca del río Desaguadero se desarrolla en la denominada depresión occidental. Por su parte, las estribaciones meridionales de las serranías occidentales, en particular, la cerrillada de las Cabras y su continuidad en el subsuelo hacia el sur (alto estructural Pencoso-Donado) separa parcialmente dichas depresiones.

Las características estratigráficas de las unidades estudiadas en este trabajo sugieren una sucesión estrato-grano decreciente, que evoluciona de ambientes de sedimentación continua fluvial a lacustre salino, y cuyas condiciones paleoambientales pudieron variar de tipo subhúmedo a árido en un intervalo comprendido entre *ca.* 20.000 años y el presente. Mientras, en las planicies circundantes se desarrollaban depósitos aluviales y eólicos (Fig. 2).

ANTECEDENTES

Un destacado y actualizado análisis de los antecedentes de la provincia de San Luis referidos a las sedimentitas cenozoicas fue realizado por Pascual y Bondesio (1981), en tanto un estudio geomorfológico regional de similares características fue presentado por González Díaz (1981). Por su parte, para la provincia de Mendoza, dicho análisis corresponde a Rodríguez y Barton (1993) y González Díaz y Fauqué

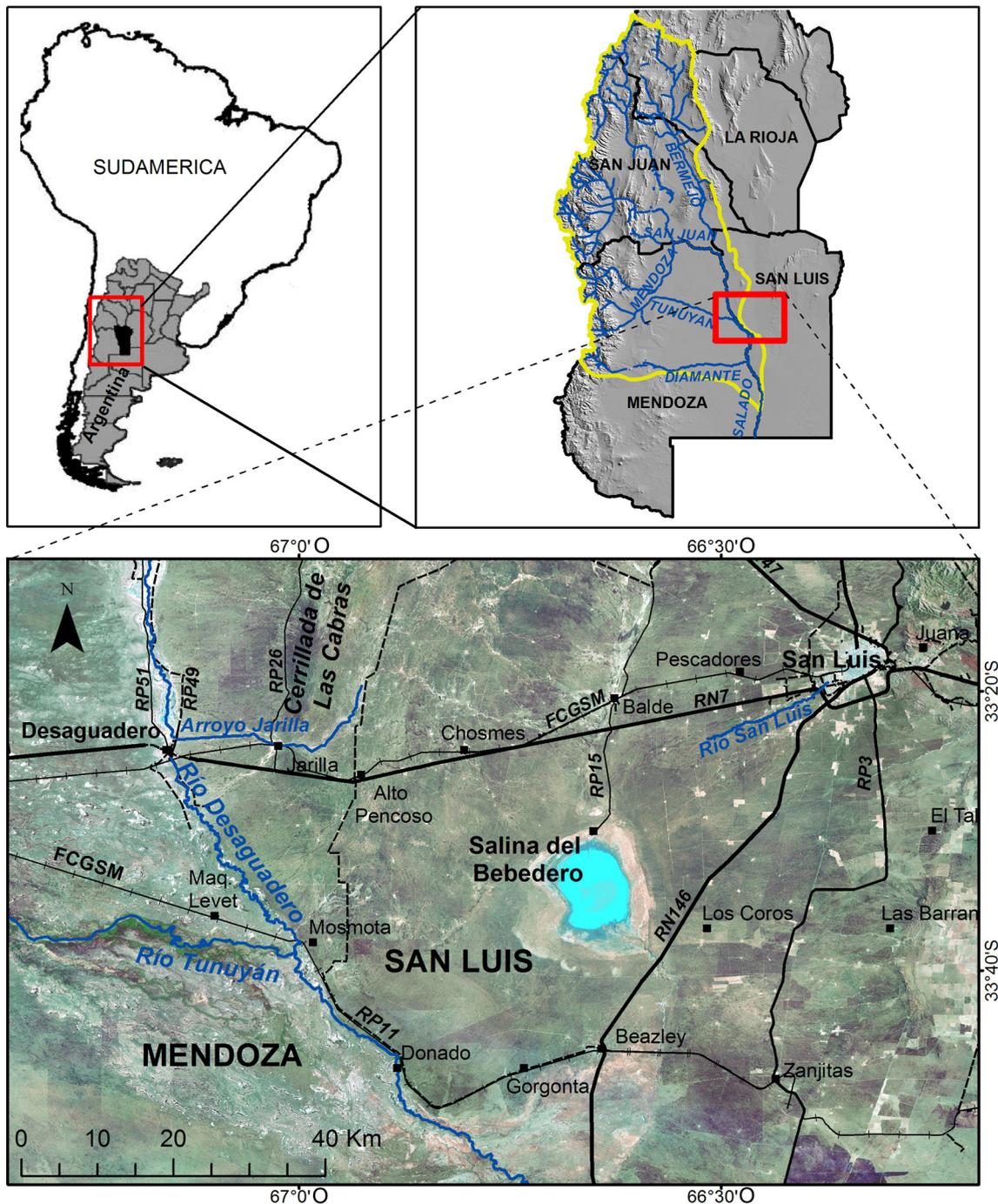


Figura 1. Ubicación del área de estudio. La línea amarilla señala la cuenca imbrífera del río Desaguadero.
Figure 1. Location map of the study area. The yellow line indicates the Desaguadero River watershed.

(1993). Un renovado avance en el conocimiento de la geología regional del área de estudio corresponde a Costa *et al.* (2001), mientras que el sector mendocino fue estudiado por Sepúlveda (2001).

A escala local, las primeras contribuciones importantes referidas a evidencias geomorfológicas, estratigráficas y paleontológicas en la salina de

Bebedero pertenecen a González (1981, 1994), González *et al.* (1981), González y Maidana (1998) y García (1999). Más recientemente, Rojo *et al.* (2012), Font *et al.* (2014) y Chiesa y Font (2014) dieron a conocer detalladas sucesiones estratigráficas con nuevas edades radiocarbónicas e importantes aportes al conocimiento de la biota (polen y caráceas).

En el valle del río Desaguadero se reconocen las contribuciones de Rodríguez (1966), quien realizó un detallado estudio de las características de los sedimentos cuaternarios. Posteriormente, Rodríguez y Barton (1993) definieron la Formación Arco del Desaguadero sobre la base de las sucesiones identificadas entre las cotas 490 y 460 msnm en las barrancas del mencionado río, en las proximidades de la ruta nacional N° 7. Los autores sugieren que dicha unidad, única denominación estratigráfica formal en el área de estudio, tendría una edad mamífero Lujanense (Pleistoceno tardío) y Platense (Holoceno). Últimamente, Gómez *et al.* (2009), Chiesa *et al.* (2010), Ojeda *et al.* (2013) y Font y Chiesa (2014) realizaron aportes novedosos referidos a nuevas descripciones estratigráficas y de fechados radiocarbónicos, mientras que Ojeda *et al.* (2012a,b) presentaron las características geomorfológicas del ambiente del río Desaguadero al norte de la presente área de estudio.

Los antecedentes vinculados al marco paleoclimático-paleoambiental en el que se generan estos depósitos del Cuaternario del centro-oeste de San Luis fueron considerados por Piovano *et al.* (2006a,b, 2009), mientras que a escala regional, en relación a las condiciones glaciológicas del sector central argentino de la cordillera de los Andes, se destacan las contribuciones de Espizua (1993) y Fauqué *et al.* (2009). En lo que respecta a estudios referidos a los procesos eólicos en las amplias planicies entre el piedemonte andino y las sierras pampeanas deben mencionarse los aportes de Iriondo (1990, 1999a,b), Zárate (2002), De Francesco (2010), Zárate y Tripaldi (2012) y Forman *et al.* (2014).

En referencia al marco geológico del área de estudio, al este se identifica una cadena de cerros aislados (Lince, Charlone, Alto Pozo de Peje, Varela) correspondientes a las estribaciones australes de las rocas del basamento Precámbrico-Paleozoico que conforman la sierra de San Luis. Suprayacen en discordancia las sedimentitas mesozoicas que integran el Grupo El Gigante (Yrigoyen, 1975; Criado Roque *et al.*, 1981) y cenozoicas definidas por Flores (1969) como Formación San Roque y Formación Las Mulitas, que en conjunto también constituyen parte de las serranías occidentales y localmente de la cerrillada de las Cabras (Fig. 2) (Pascual y Bondesio, 1981; Chiesa *et al.*, 2011). Hacia el sur se reconocen depósitos eólicos cuaternarios correspondientes a la amplia unidad geomorfológica denominada Planicie

Medanosa Austral (González Díaz, 1981).

Asimismo, los sedimentos cuaternarios del norte de la provincia de San Luis fueron identificados por Latrubesse y Ramonell (1990) como Formación Alto Grande, Formación Barranquita y Formación Algarrobito, y han sido reconocidos en general en la depresión longitudinal central, aunque no así su descripción en particular para las cuencas de Bebedero y Desaguadero.

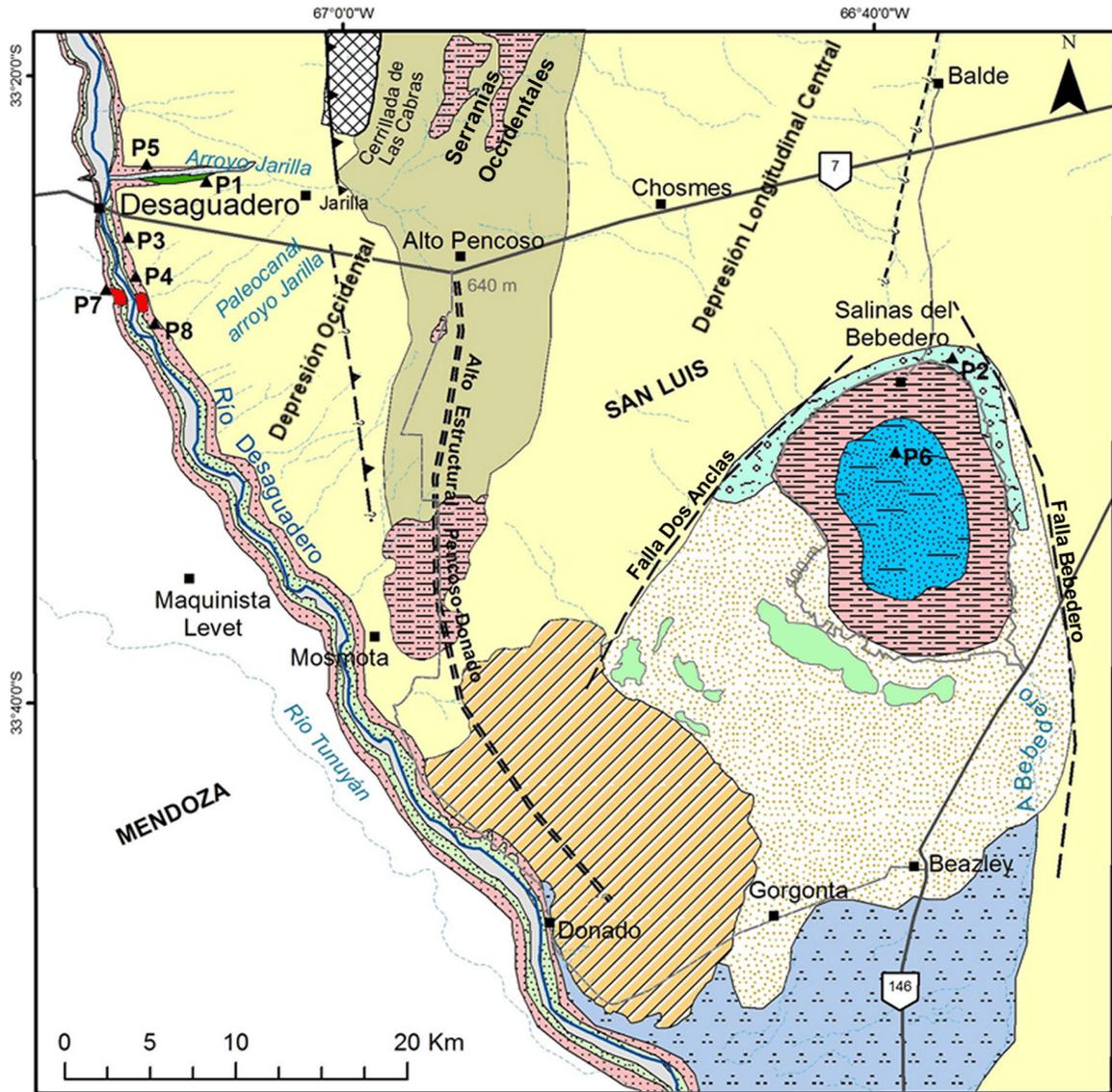
En la provincia de Mendoza, los depósitos neógenos y cuaternarios del piedemonte andino, fueron considerados por Polansky (1963) y Zárate y Mehl (2008) como sucesivos ciclos de agradación; mientras que, González Díaz y Fauqué (1993) y Rodríguez y Barton (1993) se refirieron a la planicie oriental, en donde identifican el dominio de los depósitos aluvio-eólicos.

METODOLOGÍA

Para el relevamiento de campo se consideró fundamentalmente la utilización de equipos de posicionamiento satelital, imágenes satelitales, hojas topográficas y publicaciones e informes inéditos con mapas, en función de lo cual, en las respectivas unidades geomorfológicas se delimitaron las áreas de afloramientos de las sucesiones sedimentarias que se proponen en esta contribución y cuyos perfiles estratigráficos se consideran representativos.

El mapeo de las unidades se realizó sobre la base de la digitalización en pantalla utilizando como fondo imágenes satelitales provistas por el servidor de Google Earth®, imágenes Landsat 8 e imágenes de sombreado artificial generadas a partir de Modelos Digitales de Elevaciones SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Los límites establecidos fueron controlados posteriormente durante el relevamiento de campo.

Las muestras recolectadas para su caracterización granulométrica y mineralógica fueron procesadas en el Laboratorio de Sedimentos (Departamento de Geología, UNSL), mediante las técnicas correspondientes de tamizado y Bouyoucos. La primera corresponde a las fracciones gruesas de gravas y arenas, cuya separación granulométrica mecánica en seco se realizó con mallas ASTM N°10 (2 mm), 18 (1 mm), 35 (0,5 mm), 60 (0,250 mm), 120 (0,125 mm), 230 (0,063 mm) y 270 (0,053 mm) de la norma IRAM-150. Las fracciones fueron pesadas en una balanza Scaltec SBA2 con precisión de 0,01gramos. Para la



Referencias

- | | | |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| Mb. Dos Ancas (Paleoplaya) | Alto estructural Pencoso-Donado | Curva de nivel |
| Mb. Dos Ancas (Playa salina) | Falla con indicación de labio bajo | Camino de tierra |
| Mb. Dos Ancas (Paleocanal) | Falla inferida o cubierta | Camino pavimentado |
| Mb. Dos Ancas (Llanura inundación arroyo Bebedero) | Falla inversa | Localidades |
| Mb. Dos Ancas (Depósitos Eólicos) | Falla inversa cubierta | |
| Mb. Dos Ancas (Planicie aluvio-eólica) | Curso permanente | |
| Mb. Dos Ancas (Cauce río Desaguadero y Jarilla) | Curso no permanente | |
| Mb. Río Desaguadero (Sistema lacustre) | ▲ P1: Perfil Planicie Jarilla | |
| Mb. Río Desaguadero (Sistema fluvial) | ▲ P2: Perfil Paleocosta | |
| Mb. Salinas del Bebedero (Sistema fluvial) | ▲ P3: Perfil La Guasquita | |
| Mb. Salinas del Bebedero (Dunas de Gorgonta) | ▲ P4: Perfil Las Represas Norte | |
| Mb. Salinas del Bebedero (Paleocostas) | ▲ P5: Perfil Arroyo Jarilla | |
| Depósitos planicie agradacional occidental | ▲ P6: Perfil Perforación | |
| Neógeno subaflorante | ▲ P7: Perfil Paleotunuyán | |
| Neógeno | ▲ P8: Perfil Las Represas Sur | |
| Mesozoico | | |

Figura 2. Mapa morfoestratigráfico de las unidades mesozoicas y cenozoicas del área de estudio.

Figure 2. Morpho-stratigraphic map of Mesozoic and Cenozoic units of the study area.

cuantificación de las granulometrías más finas (limos y arcillas) se aplicó el método de Bouyoucos con hidrómetro ASTM E100 152H, donde previamente se eliminó el carbonato a los sedimentos mediante la adición de HCL al 10% y luego fueron remitidos a un dispersor mecánico de 4000 rpm con el agregado de hexametafosfato de sodio.

Los sedimentos fueron clasificados texturalmente según Folk (1954). El análisis de litofacies utilizado es el propuesto por Miall (1977) mediante una codificación modificada de Miall (1996). El análisis mineralógico se realizó a partir de la fracción granulométrica de 125 μm mediante la técnica de grano suelto en preparados fijos y posterior análisis por microscopía de polarización. Además se realizó la inspección de los clastos de las diferentes fracciones bajo lupa binocular (10X). La determinación de carbonato se hizo utilizando el método expeditivo de Nowaki (en Vargas Rojas, 2009) y la descripción del color por comparación con la *Munsell Soil Color Chart*.

Las edades radiocarbónicas fueron realizadas en el LaTyR dependiente del Centro de Investigaciones Geológicas perteneciente al CONICET y UNLP, y en el NSF-Arizona AMS Laboratory (USA), y corresponden a muestras de sedimento carbonático, materia orgánica en horizontes edafizados y conchillas de gasterópodos. Dichas edades fueron calibradas usando la curva SHCal. 13 14C (Hogg *et al.* 2013) en el Programa de Calibración Radiocarbónico CALIB REV 7.0.1 (Stuiver y Reimer, 1993). Para la extracción de las conchillas mencionadas y los girogonitos de las algas caráceas se realizó el filtrado del sedimento bajo agua corriente a través de los tamices de 1000, 500, 250 y 125 μm y análisis bajo lupa binocular de dichas fracciones. Luego, por la técnica de *picking* se aislaron los ejemplares para su identificación posterior. Las imágenes de los girogonitos se tomaron en el Laboratorio LABMEN (UNSL) a través del Microscopio Electrónico de Barrido.

GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio comprende parte de los sectores australes de tres unidades geomorfológicas principales de la provincia de San Luis, definidas y denominadas por González Díaz (1981) como: “Depresión longitudinal central”, “Cordón de las serranías occidentales” y “Depresión occidental y ambiente de la cuenca Desaguadero-Salado” (Fig.

2). La depresión longitudinal central (DLC) es una depresión tectónica (González Díaz, 1981; Costa *et al.*, 2001) que se extiende a lo largo de unos 200 km en dirección NNO-SSE, desde el límite norte con la provincia de La Rioja hasta la localidad de Beazley al sur, en el sector centro-oeste de la provincia de San Luis. Hacia el este está limitada por los bloques pampeanos de la sierra de San Luis y al oeste por las elevaciones del cordón de las serranías occidentales.

La presencia del alto estructural denominado “dorsal de San Pedro” (Flores y Criado, 1972), localizado al norte del área de estudio, divide la DLC en dos depresiones menores de carácter endorreicas con presencia de cuerpos salinos, la cuenca de Vilance al norte, con depocentro en la playa de la pampa de las Salinas; mientras que al sur, se desarrolla la cuenca del Bebedero con su máxima depresión en la playa de la salina del Bebedero.

González (1994), basado en la presencia de rasgos lineales interpretados como fallas, caracterizó a la depresión del Bebedero como una cuenca de origen tectónico, la cual se conecta con las elevaciones aledañas mediante suaves pendientes pedemontanas. Costa *et al.* (2001) señalan la presencia de dos estructuras principales con morfología en planta semicircular: la falla Bebedero por el este y la falla Dos Anclas por el oeste (Fig. 2). Sin embargo, debido a la falta de fenómenos de fracturación observables en superficie, dichos autores no descartan su vinculación a pliegues por propagación de fallas, situación que ya había sido sugerida por González (1981), excepto para la falla Dos Anclas donde reconoce sedimentitas neógenas en su labio elevado y sedimentos lacustres cuaternarios en el labio hundido.

Con posterioridad a su estructuración tectónica cenozoica, la depresión del Bebedero desarrolló un típico ambiente de bolsón intramontano, denominado por Ramonell *et al.* (1992) “Bolsón de salinas del Bebedero”. Los elementos más destacados corresponden así a un ambiente de playa salina y los sistemas de bajadas de suave pendiente (0,3% y 1,2%) que se conectan a la anterior por el norte, como la bajada de la cañada de Balde (Canalis, 1993). Los depósitos asociados a las bajadas pedemontanas están constituidos por mantos arenosos con contenido variable de limo y grava fina, y espesores comúnmente comprendidos entre 0,5-1 m. Por el sur, el ambiente de playa se conecta con el campo de dunas de Gorgonta y la faja aluvial del arroyo Bebedero.

La playa salina del Bebedero comprende una

superficie notoriamente plana de unos 60 km², con una configuración prácticamente circular en planta, localizada en el sector más deprimido de la cuenca del Bebedero a 382 msnm. Se encuentra rodeada por una zona de ancho variable entre 2 y 3,5 km, claramente distinguible en las imágenes satelitales por su tonalidad clara y la presencia de rasgos lineales que siguen los niveles topográficos. Estos niveles han sido asociados a superficies de paleocostas integradas por cordones de grava, arena y pelitas (González, 1981), muy ricos en gasterópodos, cristales de yeso y carbonato evaporítico (Costa *et al.*, 2001), que dan origen a un relieve escalonado con pendientes muy suaves (0,7-1,8 %) hacia la playa salina. Las paleocostas presentan microacantilados que varían en altura desde 0,5 m para aquellos más pequeños de edad holocena (González, 1994), hasta 1,5-5 m según medidas obtenidas por Coria *et al.* (2015) en un perfil realizado en el extremo noreste de la salina.

En el borde norte, el nivel de paleocosta más elevado (aproximadamente 410 msnm) se encuentra a unos 3,5 km de distancia de la playa salina, mientras que hacia el sur se separa hasta unos 15 km, configurando una morfología groseramente triangular o acampanada en planta. Dicho nivel ha sido considerado por González (1994) como la máxima expansión de un sistema lacustre alcanzado en el Pleistoceno tardío (Período Lacustre Mayor), a partir de grandes caudales asociados a la fusión nival en la cordillera de los Andes que habrían ingresado a través de la faja aluvial del arroyo Bebedero, desde el río Desaguadero. En el presente, dicha conexión ha perdido la funcionalidad hidrológica que tenía en el pasado, debido a la incisión del cauce y la disminución de los caudales (Ojeda *et al.*, 2013).

Por otra parte, la depresión del Bebedero ha receptado las escorrentías intermitentes provenientes desde el norte a través de la cañada de Balde, aportando sedimentos gruesos al ambiente, de naturaleza gravo-arenosas, posteriormente re TRABAJADOS por el oleaje costero en los periodos lacustres. Esta hipótesis permite explicar los depósitos gruesos de algunas paleocostas en relación a los sedimentos finos (limo-arcillosos) dominantes del resto del relleno sedimentario.

Los datos morfométricos obtenidos en superficie sumados a las perforaciones dadas a conocer por González *et al.* (1998) y Rojo *et al.* (2012) permiten estimar para el evento lacustre de máxima expansión

una profundidad de 40 m y unos 650 km² de extensión superficial. Con posterioridad a la desecación del gran lago Pleistoceno, sobre la superficie remanente han predominado los procesos eólicos originando depósitos arenosos con morfologías poco definidas y constitución mineralógica yesífera. Hacia el suroeste dicha superficie limita con el campo de dunas longitudinales de Gorgonta mediante una zona de transición de unos 6 km de ancho. Esta última comienza abruptamente con un cordón arenoso de perfil transversal asimétrico y 12 km de longitud, interpretado en el presente trabajo como una gran duna luneta.

Las dunas longitudinales de Gorgonta presentan un rumbo general NNE-SSO, y de acuerdo a González (1994) y Costa *et al.* (2001), estos depósitos habrían sido fijados antes del retroceso de las costas asociadas al gran lago del Período Lacustre Mayor (González, 1994) durante el Pleistoceno tardío. Sobre la base de la dirección de las morfologías dunarias se infiere su origen a partir de paleovientos provenientes del noreste.

El cordón de las serranías occidentales (CSO), localmente representado por las elevaciones de la cerrillada de las Cabras (738 msnm) y su continuidad hacia el sur en el subsuelo a través del alto estructural Pencoso-Donado (500-600 msnm), separan el ambiente de la depresión de la salina del Bebedero respecto del ámbito de la depresión occidental y el valle del río Desaguadero. Costa *et al.* (2001) señalan que la cerrillada de las Cabras es una elevación resultante de un plegamiento braquianticlinal marginado al oeste por una falla.

El alto estructural Pencoso-Donado genera a la latitud de la salina del Bebedero un desnivel de 150 m respecto al piso de la playa salina y de solo 85 m respecto al valle del río Desaguadero. Esta morfoestructura origina un relieve de suaves lomadas cubiertas comúnmente por depósitos cuaternarios aluviales y eólicos, arenosos y areno-gravosos finos, con espesores variables entre 0,5 y 1 m. En sectores afectados por la erosión hídrica, quedan expuestas ventanas erosivas donde afloran sedimentitas rojizas que intercalan con bancos de yesos referible a la Formación Las Mulitas (Flores, 1969) y que González (1981) asignara al Neógeno (Fig. 2).

Finalmente, la depresión occidental o ambiente del río Desaguadero (DO) comprende el área deprimida donde confluyen por el este el piedemonte occidental del CSO y por el oeste el piedemonte

| | | | | | |
|------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cenozoico | Holoceno | Tardío | Formación Arco del Desaguadero | Miembro Dos Anclas | Depósitos salinos Depósitos eólicos Paleosuelo (731-904 años cal. AP) Depósitos fluviales (1475-1697 años cal. AP) Paleocanal (1835-2041 años cal. AP) Mantos aluvio-eólicos Depósitos lacustres de limos arcillosos (3570-3718 años cal. AP) |
| | | Temprano-Medio | | Miembro Río Desaguadero | Depósitos fluviales de arenas, limos y calcáreos (10287-10503 años cal. AP) Depósitos lacustres de arenas limosas (12180-12743 años cal. AP) |
| | Pleistoceno | Tardío | | Miembro Salina Del Bebedero | Depósitos eólicos arenosos Sistema fluvial areno-limoso Costa fluvio-lacustre y gravo-arenosa (18283-18723 años cal. AP) |
| | | Temprano-Medio | Depósitos del Piedemonte Occidental de Cerrillada de las Cabras (Bloque de Jarilla) | | |
| | Neógeno | Alto estructural Penco-Donado | Formación Las Mulitas Formación San Roque | | |
| Meso-zoico | Cretácico | Cerrillada de las Cabras | Formación Lagarcito Grupo El Gigante | | |

Tabla 1. Unidades geocronológicas de la Formación Arco del Desaguadero.

Table 1. Geochronological units of Arco del Desaguadero Formation.

distal de la precordillera mendocina. En dicha confluencia se encuentra instalado el sistema fluvial del río Desaguadero-Salado, con un valle de marcada dirección N-S controlado por las estructuras regionales y un importante comportamiento diferencial entre sus extremos norte y sur.

Al norte del arroyo Jarilla, el valle del río Desaguadero presenta un cauce con anchos entre 10 y 20 m, encajado a profundidades entre 3 y 5 m en las amplias superficies inundables (1 a 10 km de ancho) desarrolladas durante los periodos de caudales altos y que han originado extensas y pandas lagunas naturales de carácter temporal. Hacia el sur del arroyo Jarilla, la llanura de inundación es prácticamente inexistente y el cauce se encuentra entre barrancas de 10-12 m de altura. Esta situación parece responder a los efectos de la neotectónica y su vinculación con un bloque localizado entre ambas áreas (Ojeda *et al.*, 2013). Rodríguez (1966) y Chiesa

et al. (2010) sugieren que el encajamiento del cauce principal es relativamente reciente, probablemente menos de *ca.* 300 años. Esta afirmación está basada en consideraciones de edades radiocarbónicas obtenidas en la superficie de la antigua llanura de inundación y teniendo en cuenta la evolución del paleolago del Bebedero (González, 1981), que actuaba como nivel de base local del río Desaguadero.

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO

El esquema estratigráfico que se propone comprende el Pleistoceno tardío y Holoceno (Tabla 1), y está basado en los distintos perfiles representativos de las unidades morfoestratigráficas, tales como valle del río Desaguadero y arroyo Jarilla, depresión tectónica de la salina del Bebedero y la extensa planicie pedemontana periférica a las serranías occidentales, la cual conecta ambas unidades. Dicho esquema

| Asociación de Facies | Litofacies | Descripción | Interpretación |
|----------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| A | Gm, Gh, St, Sm, Sh | Gravas matriz soportadas y arenas, macizas, con estratificación horizontal y entrecruzada de bajo ángulo. | Depósitos de delta fluvial - lacustre. |
| B | Sm, Lm | Arenas y limos, macizos y con laminación difusa, rasgos de bioturbación y pedogénesis. | Depósitos de canal y llanura de inundación con desbordes proximales. |
| C | Sm, Sh, Lm, Lh | Arenas y limos, macizos y laminación horizontal a veces ondulítica, acreción vertical y lateral. | Depósitos encauzados de planicie distal. |
| D | Lh, Lm | Limos y arenas finas, macizas y laminación horizontal, bioturbadas, niveles con abundante arcilla. | Depósitos fluviales y lacustres de escasa profundidad. |
| E | Sm, Lm, Lh | Arenas y limos, macizos y laminación horizontal, geometría tabular, alta continuidad lateral y espesores variables. | Depósitos de escorrentía mantiformes, con aportes y retrabajo eólico. |
| F | Lh, Lm | Limos con arenas finas y arcillas, macizos y laminación fina. | Depósitos lacustres de profundidades variables. |
| G | P | Precipitados y evaporitas, niveles con escasa materia orgánica. | Depósitos lacustres someros. |

Tabla 2. Descripción e interpretación de asociaciones de facies sedimentarias reconocidas en este trabajo.

Table 2. Description and interpretation of sedimentological facies associations recognized in this contribution.

considera las relaciones entre las asociaciones de facies reconocidas (Tabla 2), las edades numéricas (Tabla 3) y otras descripciones sedimentológicas y estratigráficas de escala local respecto al objetivo del presente trabajo y de carácter inédito.

Depósitos de Piedemonte (Pleistoceno temprano-medio)

Perfil Planicie Jarilla (PPJ). Estos depósitos corresponden a la planicie agradacional occidental de la cerrillada de las Cabras y su edad estimada sería Pleistoceno temprano a medio y por lo tanto no integran la Formación Arco del Desaguadero. Se presenta una descripción de la sucesión estratigráfica aflorante en el margen izquierdo del arroyo Jarilla (33°23'S- 67°08'O) (Fig. 3), destacando que hacia el norte del mismo aparece parcialmente erosionado y cubierto por depósitos de arenas y limos de origen aluvial y eólico que fueron descritos por Ojeda *et al.* (2013). Los sedimentos tienen una potencia relativamente constante (aprox. 5,70 m), están caracterizados por la asociación de facies B y C definidas en este trabajo (Tabla 2), y comprenden

principalmente cuerpos de geometría tabular, con contactos netos y planos a levemente ondulantes. En los estratos dominan las areniscas limosas y limolitas arenosas, de moderada consolidación, estructura maciza predominante y estratificación fina subordinada (Sm, Sh, Lm, Lh). La coloración es castaño rojiza, con distribución aislada de pequeñas concreciones carbonáticas y delgadas láminas de yeso. La composición mineralógica está dominada por cuarzo incoloro (65%-93%), anguloso a subanguloso, fractura concoide, brillo vítreo y teñidos con óxidos (5%), muscovita incolora (5%-29%), fragmentos de roca con granos subangulosos (6%) y feldespato de tonalidades rosadas (2%). Suprayacen los sedimentos de la unidad cuspidal de la Formación Arco del Desaguadero, correspondientes al Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío) (Fig. 3).

Formación Arco del Desaguadero (Pleistoceno tardío-Holoceno tardío)

A continuación se propone la descripción de la Formación Arco del Desaguadero a partir de las características sedimentológicas de sus miembros,

| Código | Edad ¹⁴ C | δ ¹³ C (‰) | Edad Calibrada AP (1 σ) | Miembro | Perfil | Referencia | Mat. |
|----------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|--------|-------------------------------|------|
| LP-2489 | 930±60 | -24 | 731-904 | Dos Anclas | RS | este trabajo | MO |
| LP-2731 | 1700±70 | -8 | 1475-1697 | | PT | este trabajo | M |
| LP-2563 | 2030±80 | -7 | 1835-2041 | | PT | este trabajo | M |
| - - | 2100±85 | ---- | 1926-2148 | | PE | Markgraf (#) | MO |
| AA81414 | 3444±54 | -18 | 3570-3718 | | PE | Rojo <i>et al.</i> (2012) | MO |
| AA82446 | 6519±54 | -25 | 7324-7433 | Río Desaguadero | JA | Font y Chiesa (2014) | MO |
| AC-0906 | 8570±130 | ---- | 9325-9685 | | PC | González y Maidana (1998) | M |
| LP-2174 | 8950±80 | -5 | 9912-10181 | | JA | Font y Chiesa (2014) | SC |
| LP-1173 | 9280±80 | ---- | 10287-10503 | | JA | Strasser <i>et al.</i> (2000) | M |
| LP-2790 | 9580±120 | -8 | 11091-10687 | | GU | Font y Chiesa (2014) | M |
| AA81413 | 10700±170 | -17 | 12180-12743 | | PE | Rojo <i>et al.</i> (2012) | MO |
| LP- 2996 | 15280±200 | -8 | 18283-18723 | Salina del Bebedero | PC | este trabajo | M |
| AC-0993 | 20140±370 | ---- | 23663-24616 | | PC | González y Maidana (1998) | M |

Tabla 3. Edades radiocarbónicas. Referencias: MO, materia orgánica; M, moluscos; SC, sedimento carbonático; #, en Rojo et al. (2012); RS, perfil las Represas Sur; PT, perfil Paleotunuyán; PE, perfil Perforación; JA, perfil Arroyo Jarilla; GU, perfil la Guasquita; PC, perfil Paleocosta.

Tabla 3. Radiocarbonic ages. References: MO, organic matter; M, Molluscs; SC, Carbonatic sediment, #, in Rojo et al. (2012); RS, las Represas Sur Section; PT, Paleotunuyán Section; PE, Perforación Section; JA, Arroyo Jarilla Section; GU, la Guasquita Section; PC, Paleocosta Section.

considerando para estos últimos aquellos perfiles representativos de sus atributos locales y destacados. Así, las secciones estratigráficas en el Miembro Salina del Bebedero serían: perfil Paleocosta (Figs. 4, 5), perfil la Guasquita (Figs. 6, 7) y perfil las Represas Norte (Fig. 8). En el Miembro Río Desaguadero serían: perfil arroyo Jarilla (Fig. 9) y perfil Perforación (Fig. 10). Finalmente, en el Miembro Dos Anclas: perfil Paleotunuyán (Figs. 12, 13) y perfil las Represas Sur (Fig. 14).

Miembro Salina del Bebedero. Esta unidad estratigráfica comprende las sucesiones sedimentarias depositadas durante el Pleistoceno tardío, en un ambiente fluvial dominante con características sedimentológicas particulares según el área. Así se vinculan los depósitos de la paleocosta externa en la cuenca de Bebedero (perfil Paleocosta, Figs. 4, 5)

y los depósitos basales de las barrancas en la cuenca del río Desaguadero (perfil la Guasquita, Figs. 6, 7, y perfil las Represas Norte, Fig. 8). La relación propuesta se debe tanto por las características litofaciales como su posición infrayacente a niveles datados.

Perfil Paleocosta (PPC). Font *et al.* (2014) describen el Miembro Salina del Bebedero (Pleistoceno tardío) en el perfil Paleocosta Externa (32°28'S - 66°37'O) (Fig. 4), el cual corresponde a una sucesión estrato y granodecreciente, sin base visible y niveles con abundante precipitación de sales con concreciones carbonáticas y rosetas de yeso. Las edades radiocarbónicas presentadas por González (1994) para este sector de la secuencia serían inferiores a 20.140 ± 170 a ¹⁴C AP (23.963-24.368 años cal. AP), que probablemente correspondería a niveles vinculados a la muestra N° 8 del presente perfil. Mientras que un nuevo fechado radiocarbónico en gasterópodos

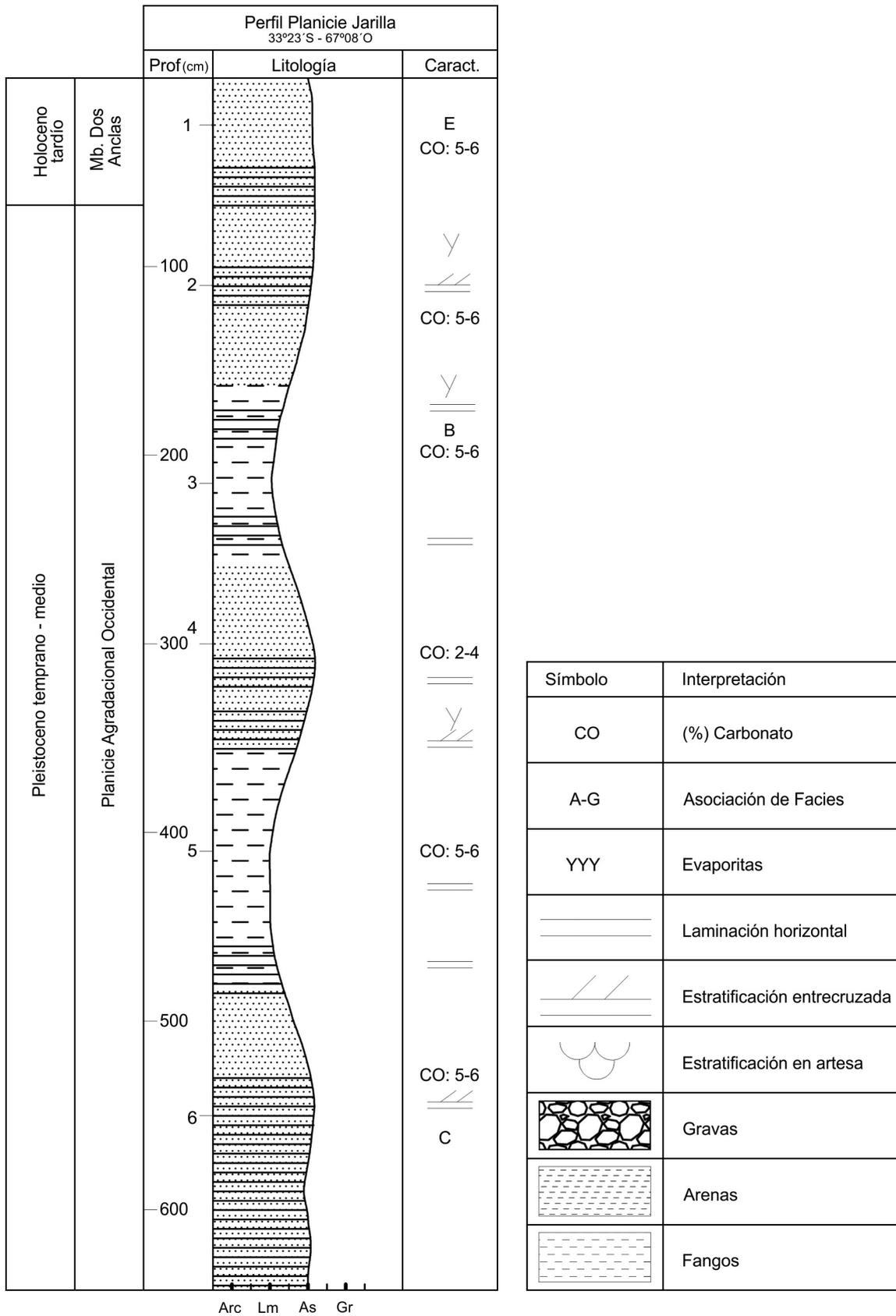


Figura 3. Perfil Planicie Jarilla.
Figure 3. Jarilla Plain Section.

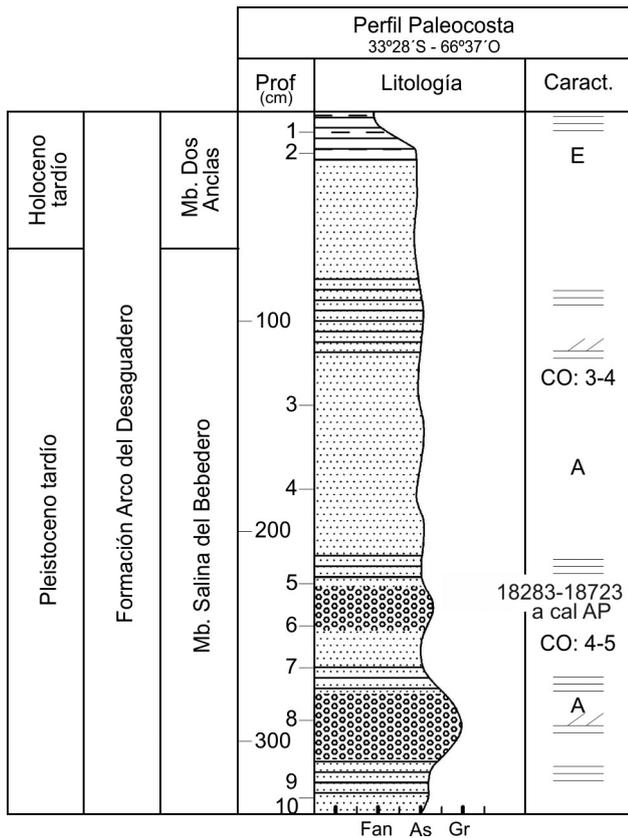


Figura 4. Perfil Paleocosta.
Figure 4. Paleocosta Section.

arrojó un valor de 15.280 ± 200 a ^{14}C AP (18.283-18.723 años cal. AP) (Chiesa y Font, 2014).

El Mb. Salina del Bebedero en esta localidad está conformado principalmente por la asociación de facies A de este trabajo (Tabla 2). La sucesión posee un espesor de 3,15 m y está constituida principalmente por cuerpos de geometría acanalada que no superan el metro de espesor, y con contactos transicionales. Los depósitos dominantes corresponden a gravas fangosas macizas o con estratificación horizontal (Gm, Gh) (Fig. 5), así como areniscas con estratificación entrecruzada de bajo ángulo, maciza y planar paralela subordinada (St, Sm, Sh). Además se presentan niveles con abundantes conchillas de gasterópodos, pómez medianas a finas y clastos medianos y subangulares de calcedonia. Esta sucesión es cubierta por los depósitos correspondientes al Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío), caracterizados en la zona por la asociación de facies E (Tabla 1, Fig. 4).

Perfil La Guasquita (PGU). Esta sección estratigráfica se ubica en la barranca izquierda del río Desaguadero

(borde de San Luis, 33°27'S - 67°08'O) (Fig. 6). La sucesión sedimentaria está caracterizada por cuerpos de geometría tabular con alta continuidad lateral y contactos netos y planos, en donde los contrastes más notables son producto de la diagénesis de algunos estratos como consecuencia del aumento de carbonatos. El Miembro Salina del Bebedero, con un espesor de 6,50 m, está conformado principalmente por las asociaciones de facies B y C. En ellas prevalecen limolitas arenosas interestratificadas con areniscas limosas y limolitas, mayormente macizas (Sm, Lm) y en sectores laminadas (Sh, Lh, Tabla 2), en donde las rizoturbaciones y bioturbaciones de canalículos muy finos son comunes. La coloración es castaño rojizo a castaño amarillento, y la consolidación es moderada. Además posee una distribución saltuaria de nódulos y rosetas de yeso. Suprayacen los depósitos del Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio) (Figs. 6, 7) caracterizado por la asociación de facies D (Tabla 2). Finalmente, el techo de la sucesión corresponde a depósitos del Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío) que pertenecen a la asociación de facies E.

Perfil Las Represas Norte (PRN). El perfil se ubica en la margen izquierda del río Desaguadero (borde de San Luis, 33°26'S - 67°07'O) (Fig. 8). Se caracteriza por presentar unidades tabulares de gran continuidad lateral, con estratos separados por contactos netos, cuya textura y estructuras sedimentarias son relativamente constantes.

El Miembro Salina del Bebedero en esta localidad, con un espesor de 6,75 m, está conformado por las asociaciones de facies C y D (Tabla 2). La unidad tiene capas de geometría tabular, y se compone de areniscas limosas y limolitas arenosas macizas o con estratificación fina y suavemente entrecruzada de bajo ángulo (Sm, Sh, Lh, Lm). Los depósitos son de tonalidad castaño rojizo en la base a castaño amarillo-verdoso hacia el techo y están moderadamente consolidados a relativamente friables. Se identificaron dos horizontes de tosca, de 0,10 m de espesor, separados por 1 m, así como abundantes rizoconcreciones, repartición saltuaria de rosetas y nódulos de yeso y horizontes enriquecidos en óxidos de hierro. Suprayacen los depósitos del Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio), caracterizado por la asociación de facies D, mientras que el estrato superficial corresponde al Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío), compuesto por la asociación de facies E (Fig. 8).

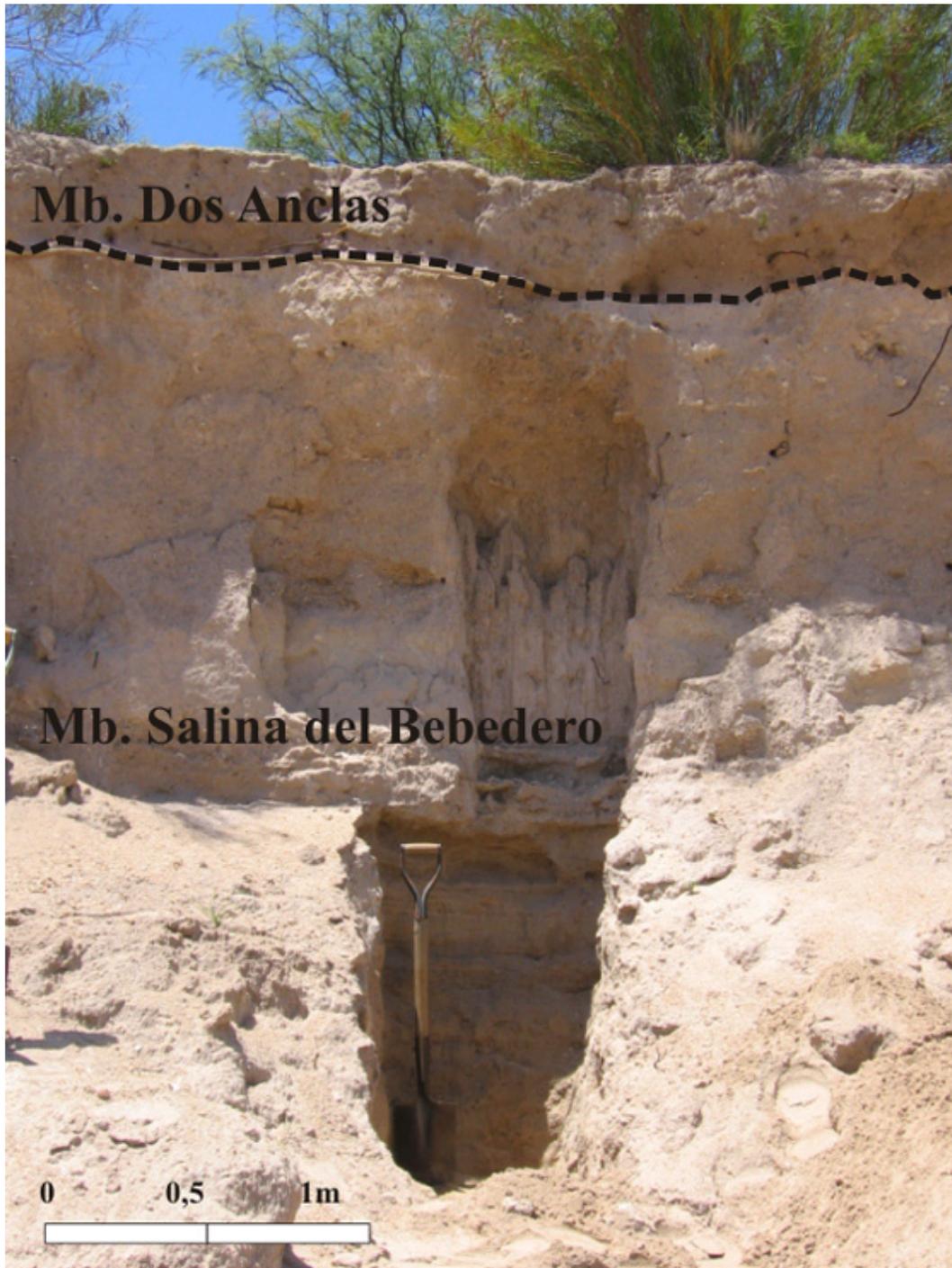


Figura 5. Fotografía del Perfil Paleocosta.
Figure 5. Picture showing the Paleocosta Section.

Miembro Río Desaguadero. Esta sucesión sedimentaria corresponde a los depósitos que Rodríguez y Barton (1993) propusieron como Formación Arco del Desaguadero, y el presente estudio considera que conforman los niveles superiores de las barrancas del río Desaguadero, al menos desde el norte del paleocauce del río Tunuyán hasta las Lagunas de Guanacache. El área de afloramiento representativo

corresponde a la confluencia del río Desaguadero y arroyo Jarilla (Figs. 2, 9), de acuerdo a lo cual, se propone la correlación con el perfil arroyo Jarilla descrito por Font y Chiesa (2014). Considerando las características sedimentológicas y paleoambientales fluvio-lacustres, las mismas se vinculan con el relleno de la cuenca de Bebedero, según la sección del perfil Perforación (Salina del Bebedero III, Rojo

| Unidad Estratigráfica | Prof. (cm) | Arenas (%) | Limos (%) | Arcillas (%) | CO ₃ (%) | Color Seco | Color Húmedo |
|-----------------------|------------|------------|-----------|--------------|---------------------|------------|--------------|
| Eólico | 0-120 | 88 | 9 | 3 | ≥ 3 | 7.5YR6/4 | 7.5YR5/4 |
| Aluvial | 120-180 | 81 | 15 | 4 | ≥ 5 | 7.5YR6/4 | 7.5YR4/4 |
| Suelo | 180-190 | 77 | 20 | 3 | ≤ 4 | 7.5YR6/4 | 7.5YR3/4 |

Tabla 4. Características sedimentológicas del Miembro Dos Anclas en el arroyo Jarilla.

Table 4. Sedimentological characteristics of Dos Anclas Member in the arroyo Jarilla.

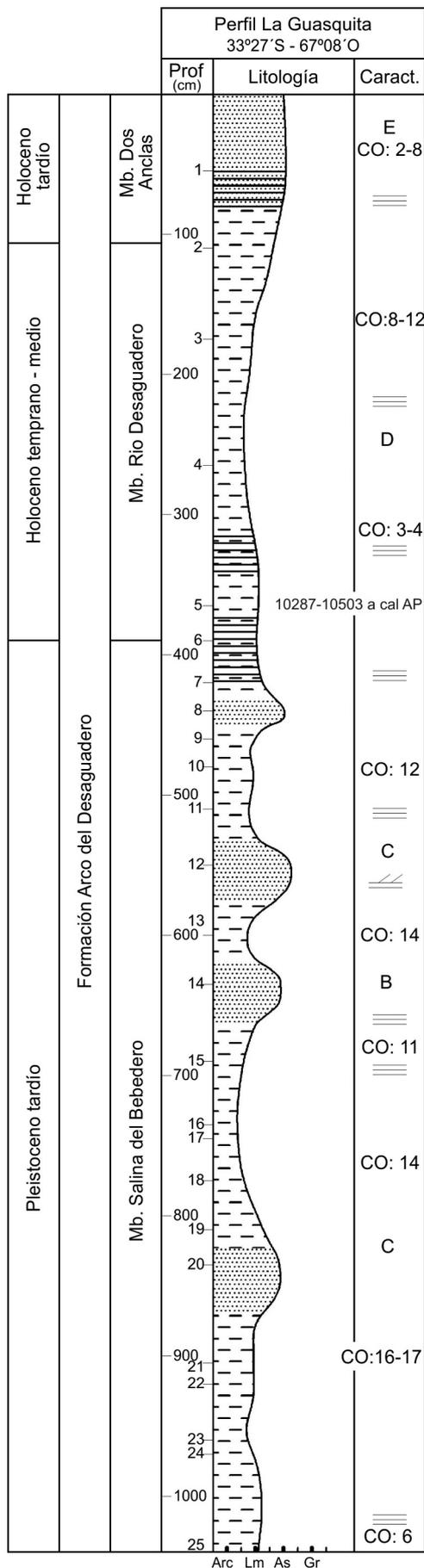
et al., 2012) (Fig. 10).

Perfil Arroyo Jarilla (PJA). Font y Chiesa (2014) reconocen en la conformación de esta unidad tres ciclos depositacionales, caracterizados por la superposición de areniscas y limolitas que rematan en estratos con yeso y carbonato de repetitivos tonos rojos, verdes y blancos. Dichos ciclos representan el Miembro Río Desaguadero y se reconocen las siguientes características. La asociación de facies D tiene espesores que varían entre 2-3 m, con estratos de geometría dominante subtabular a suavemente acanalada y limitados por contactos netos y transicionales, donde prevalecen las limolitas arenosas macizas o con estratificación fina (Lm, Lh) y capas convolutas. De tonalidades castaño rojizo y castaño amarillento-verdoso, estos depósitos están moderadamente consolidados, y poseen rizoconcreciones, bioturbación, y abundantes rosetas y láminas de yeso. Su mineralogía dominante es cuarzo incoloro (35%-54%), subanguloso a anguloso y un bajo porcentaje teñidos con óxidos, fragmentos de roca subangulosos a redondeados (7%-28%), yeso incoloro y blanco (5%-33%), micas incoloras y negras (13%), vidrio incoloro y verde, anguloso y con presencia de burbujas (7%), y feldespatos rosados, con clivaje y subangulosos a subredondeados (2%-9%).

La asociación de facies G se intercala entre la anterior y tiene espesores variables entre 0,25 y 0,45 m. Constituye un estrato carbonático (8% CO₃Ca) de textura micrítica y evaporítico con abundante yeso (45%), de característica tonalidad blanca y generalmente macizo a incipientemente laminado, corresponde a dos horizontes separados por un fino nivel de limolitas arcillosas, de tono parduzco y estructura laminar. En esta unidad se obtuvieron edades radiocarbónicas de 9.580 ± 120 a ¹⁴C AP (11.091-10.697 años cal. AP) en gasterópodos, de

8.950 ± 80 a ¹⁴C AP (9.912-10.181 años cal. AP) en sedimentos calcáreos y de 6.519 ± 54 a ¹⁴C AP (7.324-7.433 años cal. AP) en materia orgánica. Hacia el techo dominan los sedimentos del Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío) (Tabla 4), correspondientes a la asociación de facies E y vinculados a los depósitos eólicos descritos por Ojeda et al. (2013) en el sector mendocino.

Perfil Perforación (PPE). Considerando el registro sedimentario analizado por Rojo et al. (2012) correspondiente a la perforación Salina del Bebedero III (Fig. 10), realizada en la zona norte del interior del complejo salino y basado en el análisis de los contenidos clásticos y evaporitas, el Miembro Río Desaguadero correspondería al periodo sedimentario 1 o inferior, entre 10 y 5 m de profundidad. Mientras que el periodo sedimentario 2 o superior, entre 5 m de profundidad y la superficie, se vincula con el Miembro Dos Anclas de esta propuesta. Considerando las limitaciones del caso, las facies identificadas en la constitución de los sedimentos de la perforación, se basan solo en las texturas predominantes, reconociendo como principales las asociaciones de facies F y G (Fig. 10). El sondeo alcanzó los 10 m de profundidad y en general el relleno sedimentario se caracteriza por la alternancia de facies clásticas y evaporitas con espesores promedios de los estratos próximos a los 0,40-0,50 m. Desde la base hasta los 4,5 m de profundidad dominan los estratos de textura arenosa limosa y limolitas arenosas. Hacia la base (profundidad: 9,43 m) se destaca un delgado nivel de limolitas, cuya edad numérica arrojó 10.700 ± 170 a ¹⁴C AP (12.180-12.743 años cal. AP); mientras que, en el sector medio, otro nivel de similares características (profundidad: 5,56 m) arrojó una edad de 3.444 ± 54 a ¹⁴C AP (3.570-3.718 años cal. AP). Desde los 4,5 m de profundidad hasta próximo



a la superficie salina predominan los depósitos de tamaño textural limolitas arenosas, y aumenta levemente la proporción de facies evaporíticas con estratos de espesores variables, alcanzando los mayores hasta 0,50 m de potencia.

Tognelli (1987) se refiere a la geoquímica de la salmuera superficial, correspondiente a la segunda costra salina (conocida como tosca), donde se encuentra el primer nivel freático, sin mencionar la profundidad de muestreo, refiriendo que los iones más abundantes son el Cl⁻ y el Na⁺. Destaca además, que la dureza (H₂O) está relacionada con los altos valores del catión Mg⁺⁺, mientras que, el catión Ca⁺⁺ guarda relación de distribución inversa respecto de los otros iones.

Miembro Dos Anclas. Esta unidad engloba depósitos de génesis distintas, cuya particularidad más notable es la variada litología vinculada al ambiente depositacional. Se destaca una amplia distribución areal de los sedimentos eólicos y aluvio-eólicos en la planicie cubriendo la totalidad de las sucesiones sedimentarias. Al mismo tiempo, se identifican procesos fluviales encauzados del río Tunuyán y de llanura de inundación del arroyo Bebedero, como así también, el evento evaporítico en la salina del Bebedero (Fig. 11).

Perfil Paleotunuyán (PPT). En esta sucesión estratigráfica se destaca la más notable evidencia de un relleno fluvial alóctono y vinculado a la región andina, habiendo incidido en los sedimentos aluviales correspondientes al Miembro Salina del Bebedero (Pleistoceno tardío). La sección se ubica en la margen derecha del río Desaguadero (borde de Mendoza, 33°27' S - 67°07' O) (Fig. 12) y se compone principalmente de un paleocauce (6,60 m de espesor) caracterizado por la asociación de facies C (Tabla 2). La geometría dominante es lenticular y las capas se componen de areniscas y limolitas con estructura laminada predominante (Lh, Sh) y maciza subordinada (Lm, Sm). La coloración dominante es castaño amarillento y gris, y los sedimentos están moderadamente consolidados con probable cementación carbonática (reacción duradera al HCl). En la mineralogía domina el cuarzo (19%-41%), líticos

Figura 6. Perfil La Guasquita.
Figure 6. La Guasquita Section.

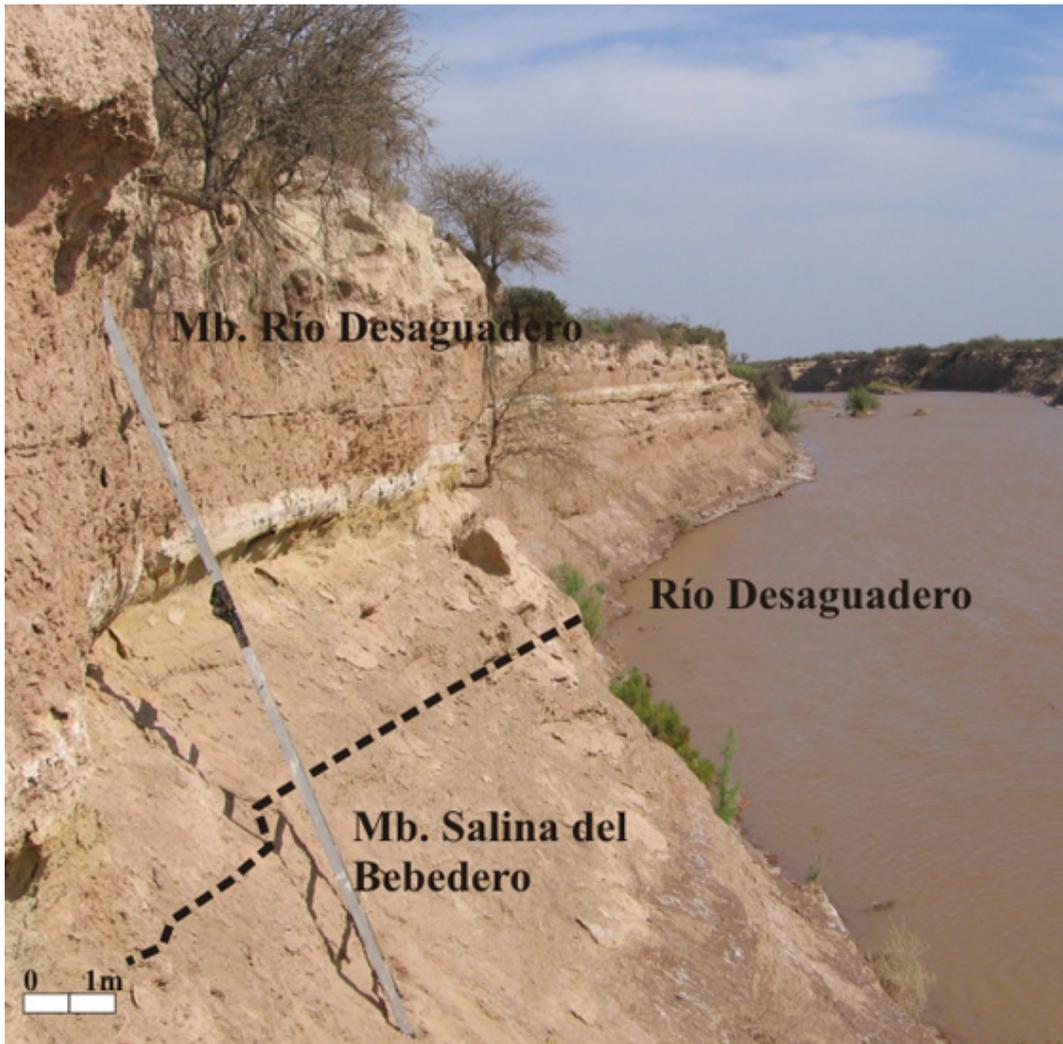
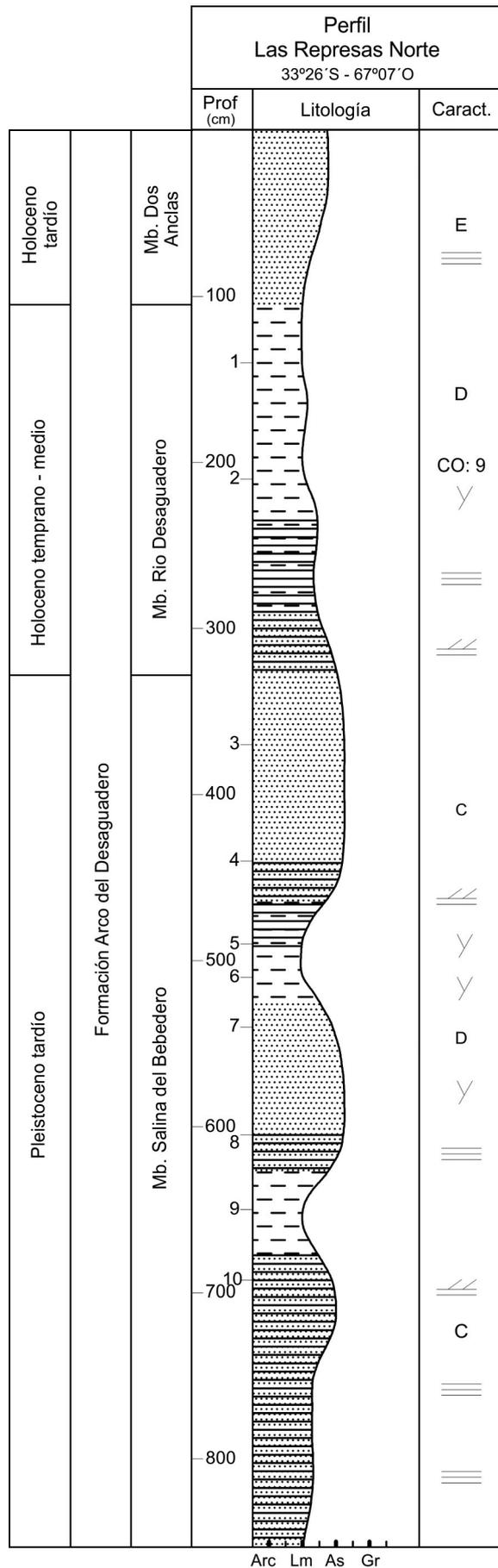


Figura 7. Fotografía del Perfil La Guasquita.
Figure 7. Picture showing the La Guasquita Section.

(4%-16%), feldespatos (3%-15%), micas (1%-15%), plagioclasas, óxidos y turmalinas. Esta sucesión representa un evento de corte y relleno por avulsión que produjo el paleocanal del río Tunuyán en el área (Fig. 13), y se presenta con niveles enriquecidos en gasterópodos cuya datación en niveles basales arrojó una edad radiocarbónica de 2.030 ± 80 a ^{14}C AP (1.835-2.041 años cal. AP). Asimismo, en superficie se identifica la sucesión aluvial y eólica de la planicie correspondiente a la asociación de facies E.

Perfil Las Represas Sur (PRS). Esta sección se localiza en la margen izquierda de las barrancas del río Desaguadero (borde de San Luis, $33^{\circ}27' \text{ S} - 67^{\circ}07' \text{ O}$) (Fig. 14). El Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío), con un espesor de 4,35 m, está caracterizado por las asociaciones de facies C y E. La primera asociación está principalmente conformada por cuerpos de geometría subtabular y acanalados, en cuyos depósi-

tos dominan las areniscas limosas y limolitas arenosas macizas y finamente laminadas (Sm, Sh, Lm, Lh). Los sedimentos poseen una coloración castaño amarillento y gris, y se presentan relativamente friables a moderadamente consolidados, con un alto porcentaje de vidrio volcánico. En la base están enriquecidos en gasterópodos de agua dulce que arrojaron una edad radiocarbónica de 1.700 ± 70 a ^{14}C AP (1.475-1.697 años cal. AP). Por su parte, la asociación de facies E es más común en la parte cuspidal de la unidad, en donde se destaca un paleosuelo aluvial (0,20 m), macizo, castaño grisáceo, rizoturbado, cuyo contenido de materia orgánica arrojó una edad radiocarbónica de 930 ± 60 a ^{14}C AP (731-904 años cal. AP). Finalmente, el techo lo constituyen depósitos eólicos (0,40 m), de color castaño grisáceo y castaño rojizo, relativamente friables, con escaso desarrollo de vegetación en superficie.



PALEONTOLOGÍA

De las especies de moluscos de agua dulce citadas para la provincia de San Luis se han reconocido cinco en los sedimentos de la cuenca media del río Desaguadero y la línea de costa más externa de la depresión del Bebedero (Fig. 2). En esta contribución se dan a conocer nuevos hallazgos de gasterópodos dulceacuícolas de la familia Ancyliidae y terrestres de la familia Pupillidae. Font (2013) genera la primera cita de bivalvos de la familia Sphaeriidae. González *et al.* (1981) reconocieron los gasterópodos *Littoridina parchappei* y *Chilina parchappei* en salina del Bebedero, cuyos nombres actuales corresponden a *Heleobia parchappii* y *Chilina parchappii*. Sin embargo, consideramos que esta última especie se trataría de *Chilina mendozana* siguiendo las descripciones taxonómicas de De Castellanos y Gaillard (1981) a partir de conchillas procedentes del río Desaguadero y laguna del Bebedero.

Font (2009) identificó los taxa *Chilina mendozana*, *Heleobia parchappii* y *Biomphalaria peregrina* (Fig. 15a-c) en un perfil estratigráfico del arroyo Jarilla. Posteriormente, Font (2013) reconoció a los bivalvos *Pisidium chiquitanum* y *Musculium aff. patagonicum* en la paleocosta externa de salina del Bebedero (Fig. 16c-f). Finalmente, en la presente contribución y al considerar la sucesión del perfil Paleotunuyán (Fig. 12) se identificaron a los gasterópodos dulceacuícolas de las familias Ancyliidae, Lymnaeidae y Physidae, sumado a los gasterópodos terrestres, *Succinea meridionalis* y Pupillidae cuyas identificaciones se basaron en la contribución de Miquel y Aguirre (2011).

Las carófitas fueron presentadas en las contribuciones de González *et al.* (1981) y García (1996, 1999), abordadas en las cuencas de Salina del Bebedero y del río Desaguadero, respectivamente. Recientemente, Font y Chiesa (2014) dieron a conocer las especies identificadas a partir de los girogonitos en los sedimentos asignados al Tardi-glacial y al *Hypsitermal* del Holoceno medio en la unidad intermedia del Miembro Río Desaguadero. A continuación, se mencionan los gasterópodos y las características paleoambientales dominantes en

Figura 8. Perfil Las Represas Norte.

Figure 8. Las Represas Norte Section.

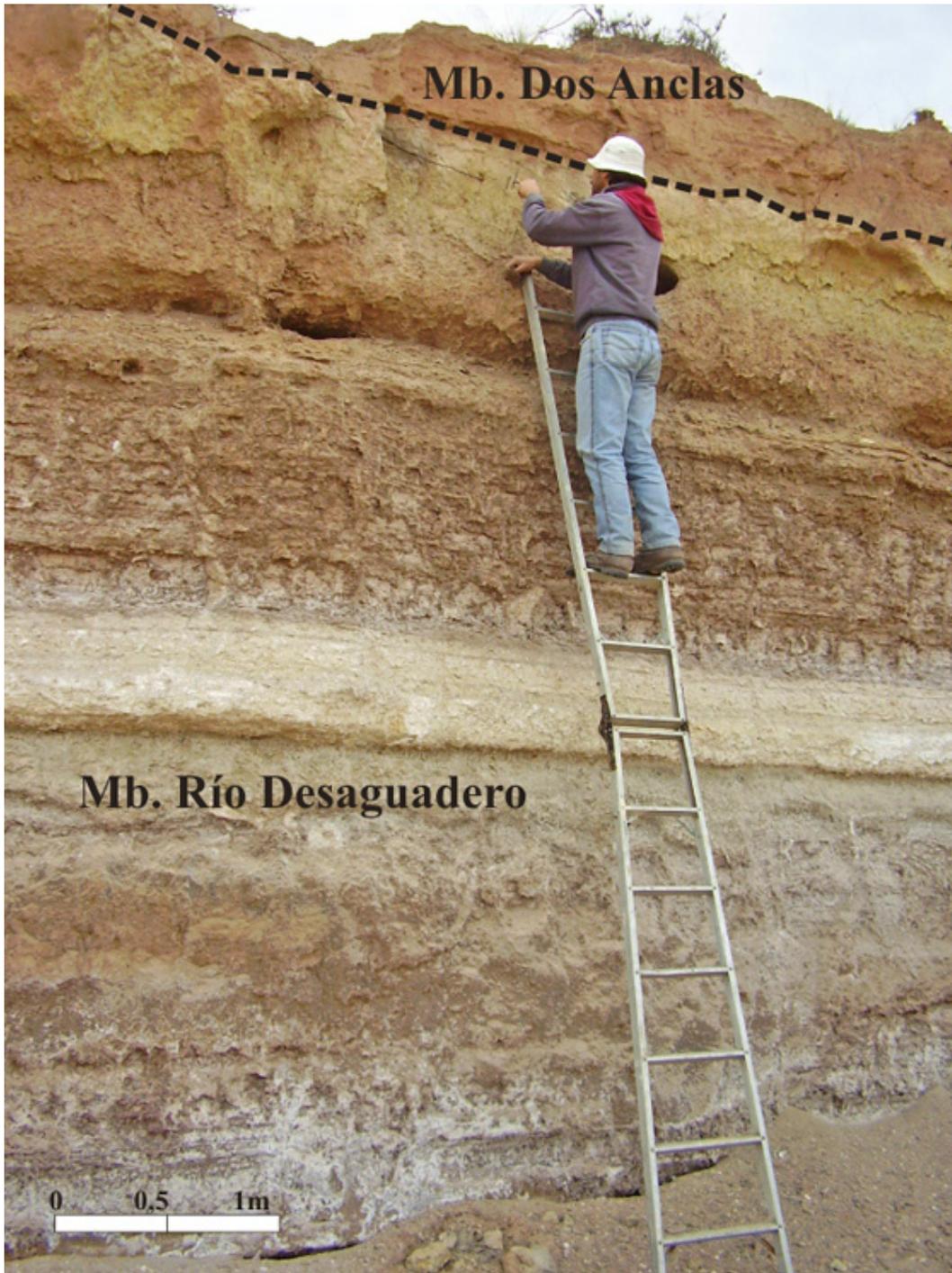


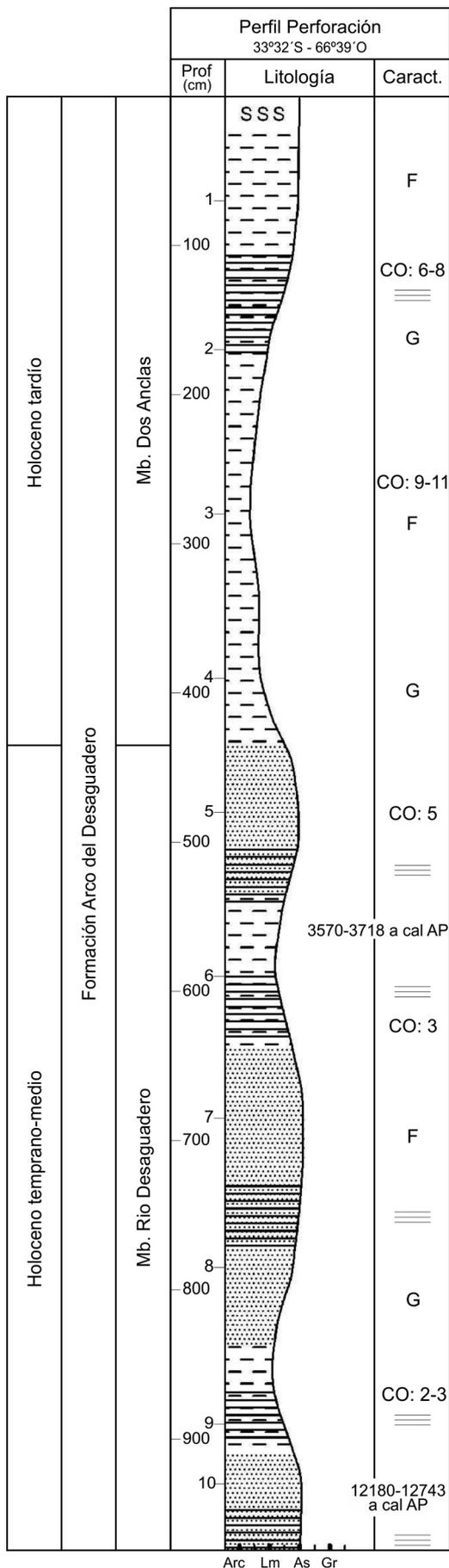
Figura 9. Fotografía del arroyo Jarilla, con los miembros Río Desaguadero y Dos Anclas.

Figure 9. Picture showing the arroyo Jarilla, with Río Desaguadero and Dos Anclas members.

función de los intervalos estratigráficos identificados en el área de estudio.

Pleistoceno tardío (ca. 15.000 años AP). En el perfil Paleocosta (Figs. 4, 5) se reconoció el ensamble de moluscos que incluye *Chilina mendozana*, *Heleobia parchappii*, *Biomphalaria peregrina* y los bivalvos de la familia Sphaeriidae identificados como juveniles de *Pisidium chiquitanum* y *Musculium aff.*

patagonicum, constituyendo esta última especie el primer registro para la provincia malacológica Cuyo. Las valvas de Sphaeriidae muestran evidencia de transporte, existiendo además selección por tamaño (Figs. 15d, 16a, b). Los parámetros altura y longitud fueron medidos en 13 valvas mediante una cámara de Neubauer, con una longitud máxima de 2.250 μm y mínima de 1.500 μm con una media de 1.776,9 μm .



Este perfil de la salina del Bebedero constituye el registro más antiguo de moluscos para la región. El ensamble de los mismos es característico de sistemas fluvio-lacustres. *Chilina mendozana* junto a Sphaeriidae indican la presencia de un flujo direccional, con aporte de aguas oxigenadas, alto porcentaje de gravas y poca vegetación, lo que manifiesta una proximidad a la costa. La mayor densidad de *Heleobia parchappii*, el alto porcentaje de sedimentos finos, y la presencia de carófitas y ostrácodos indicarían un cuerpo de agua léntico y vegetado sugiriendo distintos ciclos de expansión y retracción del lago.

Holoceno medio (Hypsitermal, ca. 9.000-7.000 años AP). En el perfil la Guasquita (Figs. 6, 7), los restos de gasterópodos indican una tendencia a condiciones más salinas hacia ca. 7.000 años. El ensamble está compuesto por *Chilina mendozana*, *Heleobia parchappii* y *Biomphalaria peregrina*. Pasando del ensamble de *Heleobia parchappii* y *Biomphalaria peregrina*, por el de *Chilina mendozana* y *H. parchappii* hasta el ensamble monotípico de *H. parchappii*. En el perfil arroyo Jarilla (Fig. 9) se hallaron interesantes restos de Charophyta, reconociendo los girogonitos de: *Chara contraria*, *Chara cf. papillosa*, *Chara halina*, *Chara hornemannii* (Fig.17). Se encontraron preservados en los estratos predominantemente límnicos del primer y segundo ciclo, que indican un cuerpo de agua con salinidad en aumento, en sedimentos que sugieren un ambiente léntico y reductor (Font y Chiesa, 2014).

Los depósitos fluvio-lacustres de la sección media del perfil arroyo Jarilla presentan el mayor contenido fosilífero y se destacan por un nivel guía evaporítico de alta continuidad lateral. El ensamble de moluscos permite inferir la existencia de un sistema lacustre somero vinculado a una red fluvial bajo la influencia de altas temperaturas y con una clara tendencia a la desecación hacia fines de este ciclo. Por último, los niveles cuspidales, presentan algunos registros aislados de *Heleobia parchappii* y *Chilina mendozana* vinculados a una mayor salinización y con aisladas crecidas fluviales.

Holoceno tardío. En la base de la sucesión sedimentaria del perfil Paleotunuyán (Figs. 12, 13), se hallaron

Figura 10. Perfil Perforación.
Figure 10. Perforación Section.



Figura 11. Fotografía de la paleocosta occidental y piso actual de la Salina del Bebedero al fondo a 6 km.

Figure 11. Picture showing the occidental paleoshore and Salina del Bebedero current floor in the background (about 6 km of distance).

restos vegetales y óseos de mesovertebrados junto a las conchillas asignadas a los gasterópodos *Heleobia parchappii*, *Biomphalaria peregrina* y ejemplares de la familia Physidae. El citado nivel, datado en 2.030 ± 80 a ^{14}C AP (1.835-2.041 años cal. AP), presenta un ensamble de moluscos característico de sistemas fluvio-lacustres, que indicarían la presencia de un ambiente léntico y vegetado por macrófitas, con aportes de corrientes fluviales de muy baja energía.

En los sedimentos de los estratos basales del perfil las Represas Sur (Fig. 14) se registraron las especies pertenecientes a las familias Ancyliidae, Lymnaeidae y algunos ejemplares de Physidae junto a dos ejemplares de Pupillidae, predominando las especies *Biomphalaria peregrina* y *Heleobia parchappii*. Por su parte, en el techo del mismo perfil, se reconocieron conchillas de *Succinea meridionalis* yaciendo sobre un paleosuelo con una datación radiocarbónica de 930 ± 60 a ^{14}C AP (731-904 años cal. AP), de carácter aluvial, dominante textura limosa, tono castaño grisáceo y moderadamente friable. Este horizonte edafizado coincide con otras unidades de similares características a escala regional, vinculado a un periodo de estabilidad y mayor disponibilidad de humedad respecto a la actual, reconocido como Anomalía Climática Medieval.

EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL

Las sedimentitas asignadas al Cretácico y Neógeno que conforman las serranías occidentales

aflorescentes en el área de estudio fueron cubiertas en los sectores pedemontanos por los depósitos desarrollados durante el Pleistoceno temprano a medio (Fig. 3). Dichos depósitos se encuentran probablemente limitados hacia las zonas distales por las estructuras neotectónicas de dirección submeridiana. Estas estructuras conforman por el oeste la falla de Desaguadero en la depresión occidental, por el este la falla de Bebedero en la depresión longitudinal central, como así también la falla Dos Anclas de dirección este-oeste que se vincularía al hundimiento de la depresión de Bebedero, al sur de la cerrillada de las Cabras.

Considerando las condiciones paleoclimáticas que impone la última glaciación en la región andina y la variabilidad regional durante el Holoceno, se propone el marco depositacional de la Formación Arco del Desaguadero (Pleistoceno tardío-Holoceno). En el desarrollo sedimentario del Miembro Salina del Bebedero (Pleistoceno tardío), caracterizado por el paleolago de Bebedero, se reconocen algunos de los subambientes del complejo depositacional de lago salino como los descritos por Hardie *et al.* (1978) en paleolagos de California y Utah (Estados Unidos). Asimismo, los rasgos estratigráficos del borde norte de la cubeta salina y las características estructurales de la depresión, se corresponden con procesos que fueran descritos por Cohen (2003) al referirse a la evolución de lagos desarrollados en cuencas de origen tectónico con relleno sedimentario fluvial y lacustre, en los que se reconocen distintos

subambientes y sus litologías dominantes.

Tales condiciones se corresponden con la máxima expansión del paleolago del Bebedero (Fig. 2) y el desarrollo en el borde norte de la paleocosta gravo arenosa (asociación de facies A) (Fig. 4) asociada a la falla Dos Anclas y recibiendo los aportes fluviales desde el área septentrional. En el conjunto de las características sedimentológicas de la depresión de Bebedero, y en particular a través de la observación del perfil Perforación (Fig. 10), se reconoce la evolución de una cuenca clástica a una lacustre evaporítica (Talbot y Allen, 1996). Por otro lado, los importantes caudales fluviales vinculados a los deshielos estacionales, producen la superficie de erosión en el sector occidental y distal de la planicie agradacional pedemontana y que configura el valle del río Desaguadero, caracterizado por una estructura de corte y relleno sedimentario (Chiesa *et al.*, 2010) y en donde se destaca la recurrente sucesión de arenas de la base de las barrancas (asociación de facies C) (Figs. 6-8).

La deflación de los sedimentos aportados desde el oeste y sur, generan el campo de dunas longitudinales de Gorgonta con dirección de crestas predominantes noreste-suroeste, cuya expresión superficial es limitada hacia el norte por el alto estructural de Pencoso-Donado, el lago de Bebedero y el valle del río Desaguadero (Fig. 2). Sin embargo, dicho campo de dunas está abierto hacia el sur, es decir, vinculado a la extensa planicie arenosa austral de San Luis y oriental de Mendoza. En general, el desarrollo estratigráfico se vincula con las propuestas de Collinson (1996) referidas a sedimentos aluviales tanto facies psamíticas de canal como conglomerádicas de abanico, y en el extremo austral los depósitos de dunas (González, 1981).

La evolución estratigráfica del Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano-medio) presenta en el área de estudio características depositacionales de planicie distal, y se considera que a una situación similar se refieren Maddy *et al.* (2001) en el valle del Tamesis (Reino Unido) vinculando la incisión fluvial y la formación de terrazas a los extremos cálidos de los ciclos climáticos mayores glacial-interglacial, con reducida disponibilidad de sedimentos. La incisión y subsecuente ensanchamiento del valle crearon el espacio de acomodación para la posterior agradación durante la siguiente transición cálido-frío y los estadios fríos, cuando prevalecieron condiciones de alto suministro de sedimentos. Asimismo, Maddy *et*

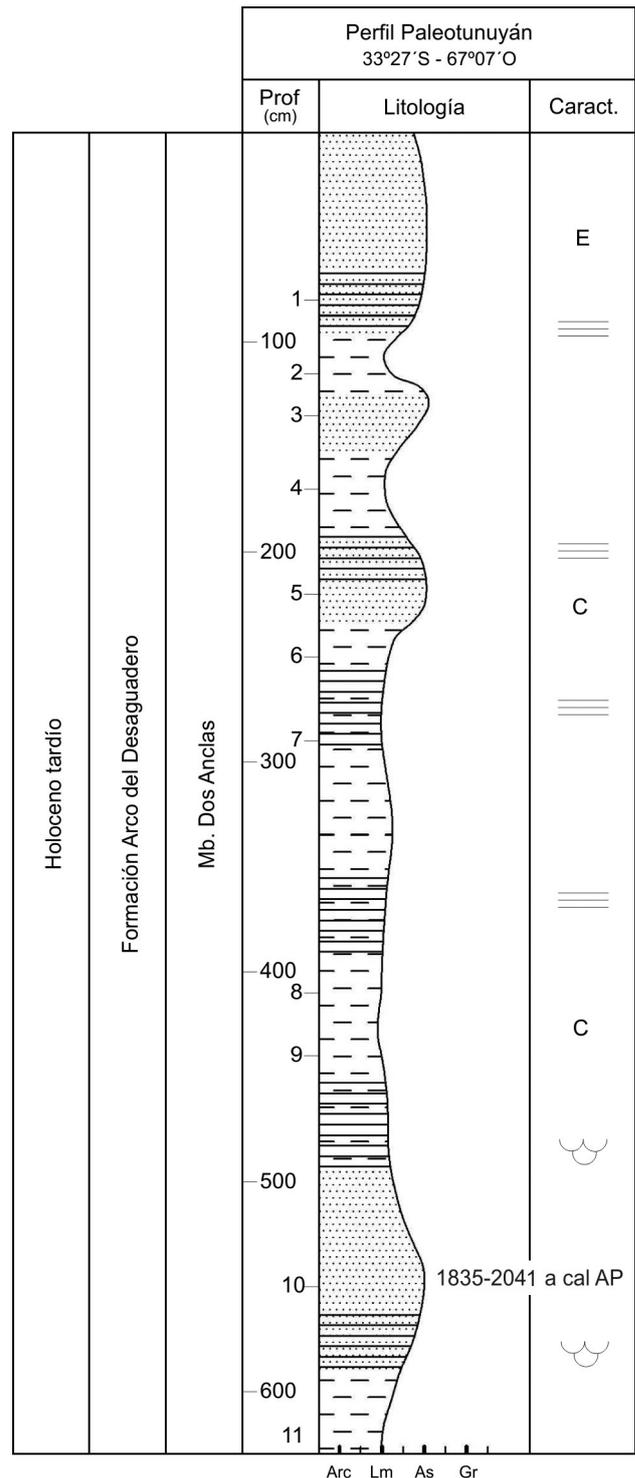


Figura 12. Perfil Paleotunuyán.

Figure 12. Paleotunuyán Section.

al. (2001) destacan que recientes modelos sugieren la importancia del levantamiento tectónico.

La mencionada variabilidad climática y estratigráfica, caracterizan los depósitos vinculados al Miembro Río Desaguadero, así, durante el

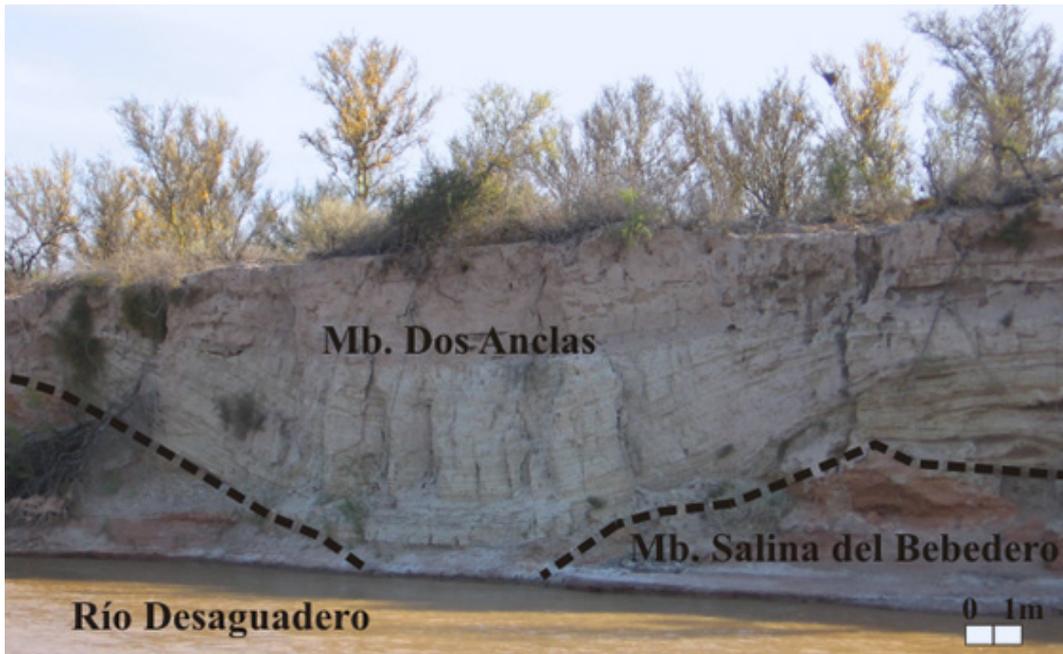


Figura 13. Fotografía de la barranca occidental del río Desaguadero en el Perfil Paleotunuyán.
Figure 13. Picture showing the occidental margin of Desaguadero River in the Paleotunuyán Section.

ciclo climático conocido como *Hypsithermal* u *Optimum Climaticum* del Holoceno medio, se produjeron fluctuaciones del nivel del agua en las grandes superficies drenadas, que generaron una interstratificación de depósitos fluviales y lacustres evaporíticos. En tal sentido, en las barrancas del valle del río Desaguadero se reconocen ciclos depositacionales de areniscas limosas y limolitas arenosas (asociación de facies D), que se vinculan con estratos de alta continuidad lateral y contenidos variables de carbonato y yeso (Figs. 6, 8) sugiriendo períodos cálidos.

Mientras que, en la depresión salino-lacustre de la salina del Bebedero se destacan las areniscas limosas con altas proporciones de sulfatos y cloruros registrados en la mitad inferior del perfil Perforación (Fig. 10), y en donde, las dataciones de gasterópodos, carbonatos y materia orgánica permiten acotar con relativa confiabilidad su desarrollo estratigráfico (asociación de facies F y G). Se comparten las deducciones planteadas a partir de las descripciones sedimentológicas señaladas para la cuenca del río Desaguadero por Chiesa *et al.* (2010) y en la salina del Bebedero por González (1981) y Rojo *et al.* (2012). En tal sentido, el presente esquema estratigráfico estaría en relación a la propuesta de Andres *et al.* (2001) al discriminar dos ciclos en el *Younger Dryas* (12.680-11.590 cal. BP) en el área central de Alemania.

Finalmente, se reconocen depósitos de litología

variada correspondientes a ambientes depositacionales particulares del Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío). Se destacan los depósitos fluviales vinculados al último ciclo neoglaciar cordillerano (Espizua, 1993) que desde el oeste se generan a través del paleocauce del río Tunuyán (Figs. 12, 13), y aquellos vinculados a su migración lateral hacia el sur (asociación de facies C). Por otra parte, en la depresión de Bebedero, dominan los depósitos asociados a procesos de decantación y precipitación, que caracterizan la mitad superior del perfil Perforación (Fig. 10) (asociación de facies G). En las áreas de planicie pedemontana predominan los depósitos aluvio-eólicos, que registran el breve desarrollo de un proceso edáfico relacionado con el evento identificado como Anomalía Climática Medieval y los eólicos suprayacentes vinculados a la Pequeña Edad de Hielo, los cuales cubren todas las sucesiones descriptas (asociación de facies E).

DISCUSION

Los depósitos cuaternarios más antiguos del área corresponden a la planicie agradacional occidental (Figs. 2, 3) constituida por areniscas y limolitas, castaño rojizas, que Rodríguez y Barton (1993) consideraron de edad neógena, mientras que Chiesa *et al.* (2010) asignaron al Pleistoceno temprano a medio. Estos sedimentos forman el sustrato basal de

lo que proponemos denominar “Bloque de Jarilla”, ubicado al este del río Desaguadero entre el actual arroyo Jarilla y un paleocauce del mismo hacia el suroeste, y cuyo desarrollo se vincula con el piedemonte de la cerrillada de las Cabras.

La zona de las cuencas de Desaguadero y Bebedero ubicadas al este de la Diagonal Árida Sudamericana constituye una unidad cuyas condiciones climáticas responden a las escasas lluvias procedentes del Sistema Monzónico Sudamericano (Garreud *et al.*, 2009), mientras que sus balances hídricos tienen principalmente fuentes alóctonas alimentadas por los *westerlies*, es decir el Anticiclón del Pacífico Sur. Por otro lado, en estadios climáticos cálidos, la influencia del Anticiclón del Atlántico, modulado por el *Low Level Jet*, se manifiesta con lluvias que producen un aumento en la escorrentía fluvial encauzada y mantiforme, generando horizontes edafizados en sectores de planicie con vegetación en expansión.

Considerando la importancia del Bloque de Jarilla y las condiciones paleoclimáticas descritas, se proponen dos marcos depositacionales distintos en la cuenca del río Desaguadero. Hacia el oeste y sur, el relleno sedimentario lo constituye la sucesión del Pleistoceno tardío (Miembro Salina del Bebedero) (Figs. 6-8) caracterizado por depósitos de areniscas limosas de canal con superficies limitantes de cuarto orden (Collinson, 1996). Mientras que hacia el norte, el relleno se corresponde con los sedimentos de la unidad intermedia, el Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio) (Fig. 9), constituidos por depósitos de limolitas arenosas calcáreas, y vinculadas a cauces someros y el desarrollo de grandes cuerpos lacustres temporarios como las actuales lagunas de Guanacache, al norte del área de estudio.

Dichos depósitos tiene relación con lo expresado por van Huissteden *et al.* (2001), basado en la evolución de los sistemas fluviales periglaciales del noroeste de Europa, quienes demuestran que algunas variaciones espaciales y temporales en las características paleohidrológicas, tanto en la incisión previa como en el relleno posterior, sugieren fuertes variaciones de escorrentías causadas por el régimen nival con pronunciadas oscilaciones en las descargas de las nevadas.

Valero Garcés *et al.* (1999), al estudiar lagos andinos, sostienen que la disponibilidad hidrológica de los lagos es una respuesta directa a la humedad específica, en donde las fluctuaciones y demás

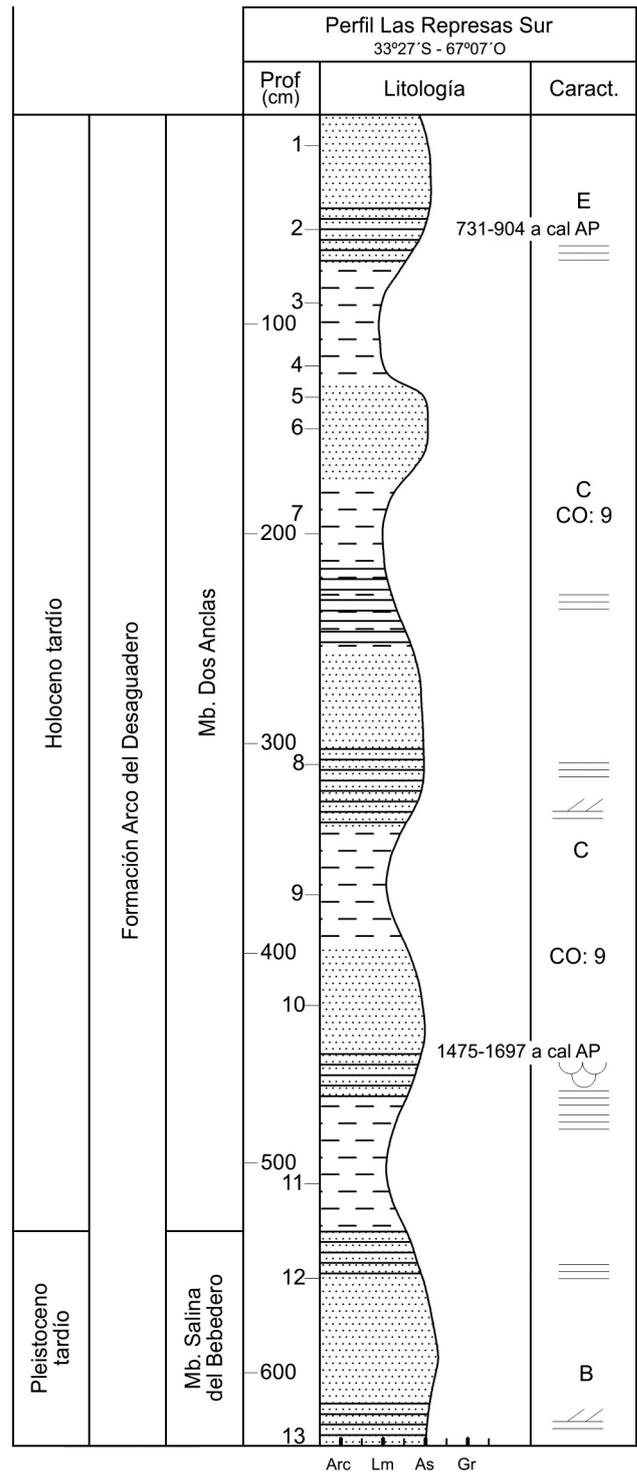


Figura 14. Perfil Las Represas Sur.

Figure 14. Las Represas Sur Section.

variables climáticas han jugado un rol importante en la composición y cambios del nivel del lago. Asimismo, el control tectónico queda expuesto en los estadios tempranos, dado que el incremento en la subsidencia habría sido responsable de los activos

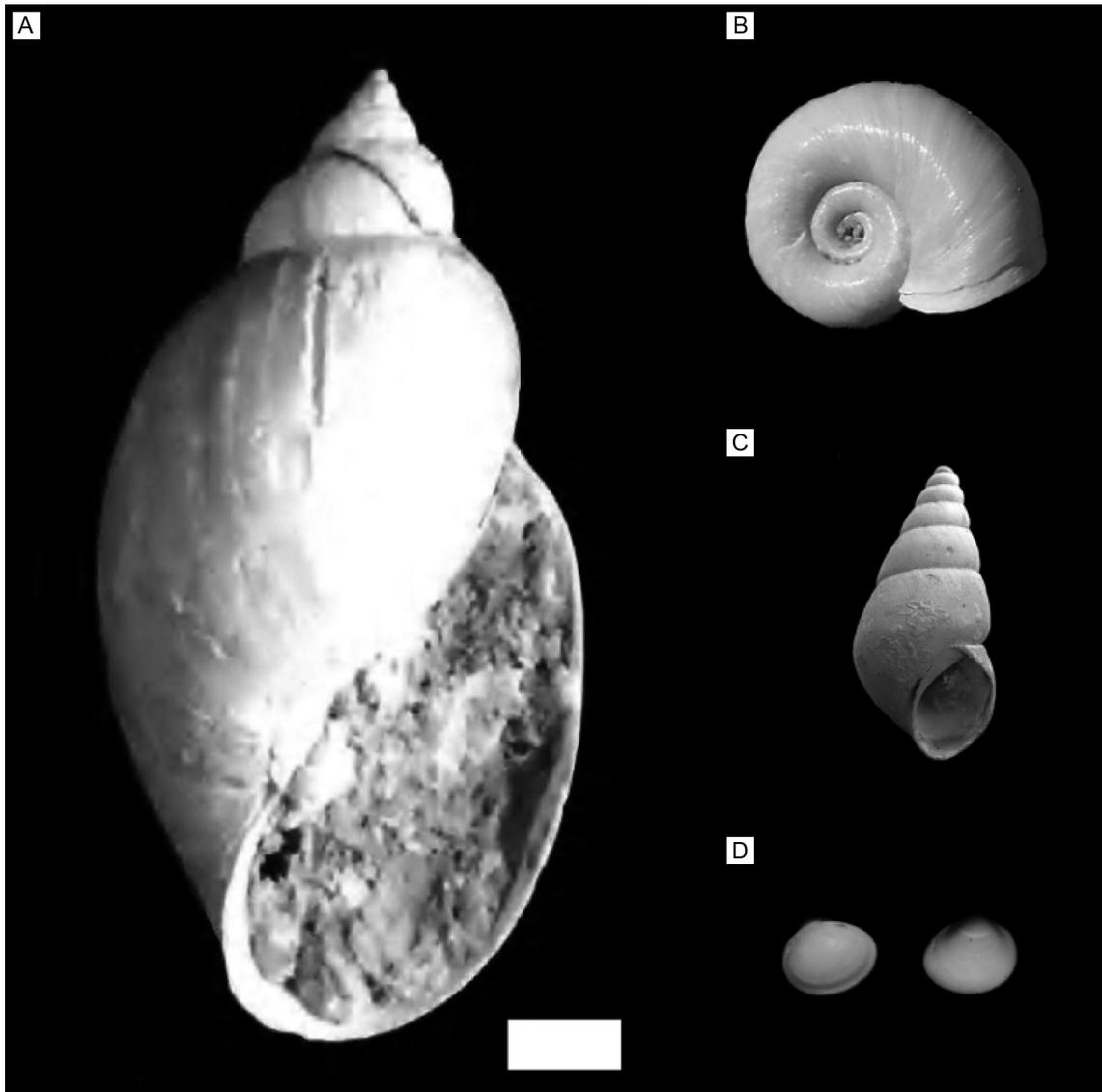


Figura 15. Conchillas de moluscos halladas en los perfiles estratigráficos. a. *Chilina mendozana*. b. *Biomphalaria peregrina*. c. *Heleobia parchapii*. d. *Sphaeriidae*. e. *Pupillidae*. Escala: 2 mm.

Figure 15. Mollusc shells found in stratigraphic sections. a. *Chilina mendozana*. b. *Biomphalaria peregrina*. c. *Heleobia parchapii*. d. *Sphaeriidae*. e. *Pupillidae*. Scale: 2 mm.

abánicos aluviales previo al establecimiento del lago, y luego cuando cambia de estilo exorreico a endorreico. En tal sentido, los niveles lacustres altos registrados en el paleolago Bebedero responden a condiciones de alta humedad en la cordillera de los Andes, producto de un aumento en la precipitación nival incrementada por la actividad de los *westerlies*. Por su parte, las planicies pedemontanas andinas podrían haber tenido condiciones climáticas frías, semiárida a subhúmeda, con niveles freáticos altos (Piovano *et al.*, 2009), vinculadas a la última glaciación pleistocena, y en especial al clímax del

Último Máximo Glacial de acuerdo a los fechados radiocarbónicos (Tabla 3).

Considerando las características litológicas y cotas de la depresión salina (González, 1994; Rojo *et al.*, 2012; Chiesa y Font, 2014; Coria *et al.*, 2015) se propone que en el Pleistoceno tardío (*ca.* 20.000 años AP) se desarrolla la máxima extensión de la laguna de Bebedero, cuya profundidad estimamos superior a los 40 m, que incluía en el sector austral la actual llanura de inundación del arroyo Bebedero y estaría vinculada a la magnitud de los caudales del río Desaguadero. Sin embargo, en las paleocostas del

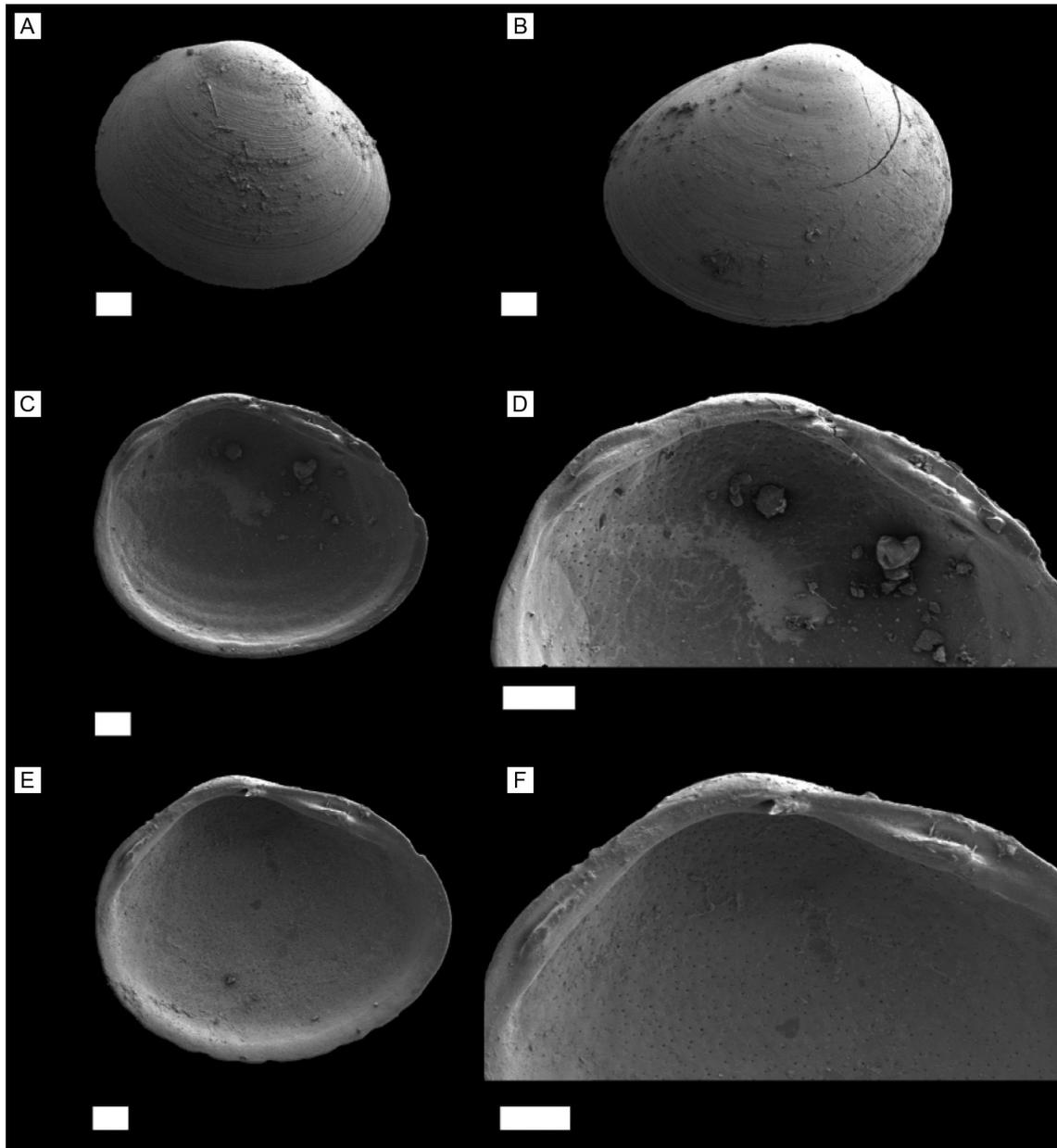


Figura 16. Imágenes SEM de bivalvos Sphaeriidae. a-b Sphaeriidae. c-d *Musculium aff. patagonicum*. e-f *Pisidium chiquitanum*. Scale: 200 μm .

Figure 16. SEM images of Sphaeriidae bivalves. a-b Sphaeriidae. c-d *Musculium aff. patagonicum*. e-f *Pisidium chiquitanum*. Scale: 200 μm .

norte de la salina del Bebedero (Fig. 4) su constitución responde a los aportes desde el borde suroriental de las serranías occidentales y probablemente al extremo suroccidental de la sierra de San Luis.

CONCLUSIONES

La Formación Arco del Desaguadero constituye la única unidad estratigráfica que rellena las cuencas

de Desaguadero y Bebedero a las cuales se les asigna un origen tectónico que estaría vinculado con las fallas de Desaguadero, Bebedero y Dos Anclas. La evolución se produce durante el Pleistoceno tardío y Holoceno en el centro-oeste de la provincia de San Luis y la faja limítrofe con Mendoza. Las sucesiones sedimentarias están vinculadas a paleoambientes de sistemas fluviales de moderada a gran envergadura, aluviales con escorrentías mantiformes, lacustres y

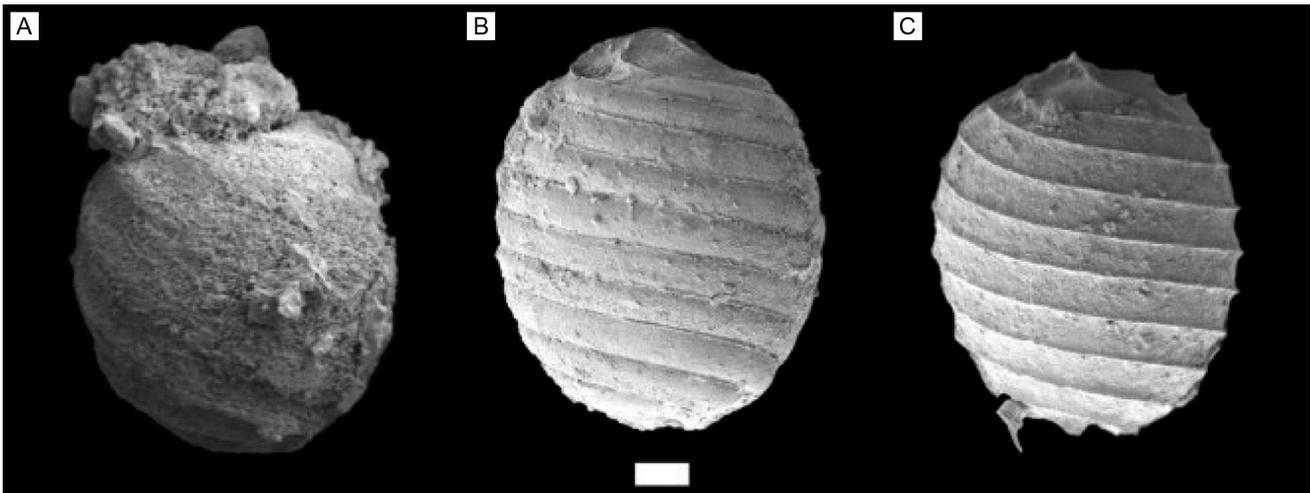


Figura 17. Fotografías SEM de los girogonitos hallados en los sedimentos: a. *Chara hornemannii* b. *Chara contraria* y c. *Chara cf. papillosa*. Escala: 100 μm .

Figure 17. SEM images of the gyrogonites found on the sediments: a. *Chara hornemannii* b. *Chara contraria* and c. *Chara cf. papillosa*. Scale: 100 μm .

localmente eólicos, generando depósitos con amplia variabilidad textural, desde gravas arenosas a fangos salinos.

Considerando las características litológicas, evidencias paleoambientales y edades radiocarbónicas se propone la integración de la Formación del Arco del Desaguadero con unidades de menor categoría litoestratigráfica: Miembro Salina de Bebedero (Pleistoceno tardío), Miembro Río Desaguadero (Holoceno temprano a medio) y Miembro Dos Anclas (Holoceno tardío). Las áreas y perfiles representativos se encuentran en la barranca del río Desaguadero entre el paleocanal del arroyo Jarilla (al sur) y el cauce actual del mismo (al norte), como así también en el borde septentrional de la salina del Bebedero, entre la paleocosta externa (al norte) y el inicio de la capa salina (al sur).

Las condiciones climáticas que dominaron en el centro-oeste de la región de Cuyo (Mendoza, San Juan y La Rioja) durante el Cuaternario, en particular con posterioridad a la última glaciación (48-25 ka), han tenido una fuerte incidencia en el registro sedimentario de la presente área de estudio. Aunque distal a la región cordillerana andina y proximal al sistema pampeano, se considera que las precipitaciones provenientes del Anticiclón del Atlántico Sur tuvieron relevancia en los depósitos aluviales del piedemonte y planicie.

Asimismo, el impacto producido tanto de la

fusión del hielo como de las etapas de la deglaciación vinculadas al Último Máximo Glacial (25-20 ka, Rutter *et al.*, 2012), corresponden a los sedimentos del valle del río Desaguadero y depresión del Bebedero, con una destacada participación de los aportes eólicos considerando su condición climática árida-semiárida al este de la Diagonal Árida Sudamericana.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al Proyecto de Investigación “Geología del Neógeno y Cuaternario de San Luis” (financiado por CyT-UNSL N° 3-2-0514), un agradecimiento especial al Conicet por el otorgamiento de la Beca a uno de los autores (E.F.), al Departamento de Geología (U.N.S.L.) por el apoyo en los aspectos profesionales y académicos. A los revisores (E. Fucks y anónimo) y editores (E. Schwarz, D. Cuadrado y E. Piovano), quienes con sus sugerencias y aportes permitieron mejorar sustancialmente esta contribución. A los pobladores rurales del área de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andres W., J. Bos, P. Houben, A. Kalis, S. Nolte, H. Rittweger y J. Wunderlich, 2001. Environmental change and fluvial activity during the Younger Dryas in central Germany. *Quaternary International* 79:89-100.

- Cabrera, A.L.**, 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En L. Parodi (Ed.), *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Acme:1-85. Buenos Aires.
- Canalis, R.**, 1993. *La Evaluación de la Erosión Hídrica en la Provincia de San Luis*. Trabajo Final Licenciatura, Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, 233 pp. (inédito).
- Chiesa, J. y E. Strasser**, 2009. Los depósitos cenozoicos en el área austral de la Depresión de Conlara, San Luis, Argentina. En J. Sayago y M. Collantes (Eds.), *Geomorfología y Cambio Climático*. Instituto de Geociencias y Medio Ambiente:163-174.
- Chiesa J., E. Strasser y D. Gómez**, 2010. Estratigrafía de la cuenca media del río Desaguadero, San Luis, Argentina. En M. Zárate, A. Gil y G. Neme (Eds.), *Condiciones paleoambientales y ocupaciones humanas durante la transición Pleistoceno-Holoceno y Holoceno de Mendoza*. Sociedad Argentina de Antropología:41-64.
- Chiesa, J., A. Basaez, J. Navio, E. Strasser, G. Ojeda y N. Lucero**, 2011. Estratigrafía del Neógeno de San Luis, Argentina. En J. Salfity y R. Marquillas (Eds.), *Cenozoic Geology of the Central Andes of Argentina*. Instituto del Cenozoico, SCS Publisher:75-89.
- Chiesa, J. y E. Font**, 2014. Nuevas evidencias paleontológicas y estratigráficas de la paleocosta pleistocena en Salina del Bebedero (San Luis, Argentina). *XIV Reunión Argentina de Sedimentología* Actas:79-80, Puerto Madryn.
- Cohen, A.**, 2003. *Paleolimnology. The history and evolution of lake systems*. Oxford University Press, New York, 509 pp.
- Collinson, J.**, 1996. Alluvial sediments. En H. Reading (Ed.), *Sedimentary environments*. Blackwell Publishing, Oxford:37-82.
- Córdoba, F., L. Guerra, C. Cuña Rodríguez, F. Sylvestre y E. Piovano**, 2014. Una visión paleolimnológica de la variabilidad hidroclimática reciente en el centro de Argentina: desde la Pequeña Edad de Hielo al Siglo XXI. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 21:139-163.
- Coria, W., E. Font, J. Chiesa, G. Ojeda y C. Gardini**, 2015. Evidencias Morfológicas y Sedimentológicas de la transición Pleistoceno-Holoceno en el Norte de la Salina del Bebedero, San Luis, Argentina. *VI Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología* Actas:229-230, Ushuaia.
- Costa, C., C. Gardini, J. Chiesa, A. Ortiz Suárez, G. Ojeda, D. Rivarola, G. Tognelli, E. Strasser, A. Carugno Durán, P. Morla, P. Guerstein, D. Sales y H. Vinciguerra**, 2001. *Hoja Geológica 3366-III "San Luis"*. Servicio Geológico Minero Argentino, Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina 1:250.000, Publicación Especial 293, Buenos Aires, 66 pp.
- Criado Roque, P., C. Mombrú y V. Ramos**, 1981. Estructura e interpretación tectónica. En M. Yrigoyen (Ed.), *Geología y recursos naturales de la Provincia de San Luis*. Relatorio VIII Congreso Geológico Argentino, Publicación Especial 155-192.
- de Castellanos, Z.A. y M.C. Gaillard**, 1981. Chilínidae. En R. Ringuelet (Ed.), *Rauna de agua dulce de la República Argentina*. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura 15:23-51.
- De Francesco, C.G.**, 2010. Moluscos y paleoambientes del centro-oeste de Argentina durante el Cuaternario. En M.A. Zárate, A.F. Gil y G.A. Neme (Eds.), *Paleoambientes y ocupaciones humanas en el centro oeste de Argentina durante la transición Pleistoceno-Holoceno y Holoceno*. Sociedad de Antropología:151-174.
- Epizua, L.**, 1993. Quaternary glaciations in the Rio Mendoza valley. Argentine Andes. *Quaternary Research* 40:150-162.
- Fauqué, L., R. Hermanns, K. Hewitt, M. Rosas, C. Wilson, V. Baumann, S. Lagorio y I. Di Tommaso**, 2009. Megadeslizamientos de la pared sur del cerro Aconcagua y su relación con depósitos asignados a la glaciación pleistocena. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 65:691-712.
- Flores, M.**, 1969. El bolsón de las Salinas en la provincia de San Luis. *IV Jornadas Geológicas Argentinas Actas V*:311-327, Mendoza.
- Flores, M. y P. Criado Roque**, 1972. Cuenca de San Luis. En A. Leanza (Ed.), *Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias:567-579. Córdoba.
- Folk, R.**, 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62:344-359.
- Font, E.**, 2009. *Paleoecología de moluscos cuaternarios en la cuenca media del río Desaguadero, San Luis, Argentina*. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional de San Luis, 53 pp. (inédito).
- Font, E.**, 2013. Primer registro de Sphaeriidae (Molusca, Bivalvia) para la provincia de San Luis, Argentina. *I Congreso Argentino de Malacología*, Actas:159, La Plata.
- Font, E. y J. Chiesa**, 2014. Palaeoenvironmental and climatic reconstruction based on charophytes and sedimentology; can the mid-Holocene Climaticum be recognised? *Aquatic Botany* 120:31-38.
- Font, E., J. Chiesa y G. Ojeda**, 2014. Paleoambiente Pleistoceno superior-Holoceno inferior en la cuenca Desaguadero-Bebedero. San Luis, Argentina. *XIX Congreso Geológico Argentino*, Actas:1209-1210, Córdoba.
- Forman, S., A. Tripaldi y P. Ciccioli**, 2014. Eolian sand sheet deposition in the San Luis paleodune field, western Argentina as an indicator of a semi-arid environment through the Holocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 411:122-135.
- García, A.**, 1996. Charophyta y Ostracoda asociados de cuatro localidades Holocenas de Argentina: Evidencias Paleambientales. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* 33:409-420.
- García, A.**, 1999. Quaternary charophytes from Salina del Bebedero, Argentina: their relation with extant taxa and palaeolimnological significance. *Journal of Paleolimnology* 21:307-323.
- Garreaud, R., M. Vuille, R. Compagnucci y J. Marengo**, 2009. Present-day South America climate. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 281:180-195.
- Gómez, D., J. Chiesa, E. Strasser, E. Perino y E. Font**, 2009. El Pleistoceno tardío y Holoceno del Arroyo Jarilla, afluente del Río Desaguadero, San Luis, Argentina. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas IV:317-326, La Plata.
- González, M.**, 1981. Evidencias paleoclimáticas en la Salina del Bebedero (San Luis). *VIII Congreso Geológico Argentino*, Actas III:411-438, San Luis.
- González, M.**, 1994. Salinas del Bebedero basin (Argentine Republic). En K. Kelts y E. Gierlowski-Kordesch (Eds.), *Global Inventory of Lacustrine Basins*. Cambridge University Press, Londres: 381-386.
- González, M. y N. Maidana**, 1998. Post-Wisconsinian paleoenvironments at Salinas del Bebedero basin, San Luis, Argentina. *Journal of Paleolimnology* 20:353-368.
- González, M.A., E. Musacchio, A. García, R. Pascual y A.**

- Corte**, 1981. Las líneas de costa Pleistocenas de la Salina del Bebedero, San Luis, Argentina. Implicancias paleoambientales de sus microfósiles. *VIII Congreso Geológico Argentino*, Actas III:617-628, San Luis.
- González, M., N. Maidana, F. Schäbitz y G. Tognelli**, 1998. Patagonian lake drilling transect: first results from Salina del Bebedero cores. *LXXIX American Geophysical Union Actas* XLV:F479.
- González Díaz, E.F.**, 1981. Geomorfología. En M. Yrigoyen (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de San Luis*. Relatorio VIII Congreso Geológico Argentino, Publicación Especial: 193-236.
- González Díaz, E. y L. Fauqué**, 1993. Geomorfología. En V.A. Ramos (Ed.) *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Mendoza*. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino, Publicación Especial: 217-234.
- Hardie L., J. Smoot y H. Eugster**, 1978. Saline lakes and their deposits: a sedimentological approach. En A. Matter y M. Tucker (Eds.), *Modern and ancient lake sediments*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 2:7-41.
- Hijmans, R., S. Cameron, J. Parra, P. Jones y A. Jarvis**, 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965-1978.
- Hogg, A., Q. Hua, P. Blackwell, C. Buck, T. Guilderson, T. Heaton, M. Niu, J. Palmer, P. Reimer, R. Reiner, C. Turney y S. Zimmerman**, 2013. SHCal. 13 Southern Hemisphere Calibration, 0-50.000 Years cal. BP. *Radiocarbon* 55:1889-1903.
- Iriondo, M.**, 1990. A late Holocene dry period in the Argentine Plains. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 7:197-218.
- Iriondo, M.**, 1999a. Climatic changes in the South American plains: records of a continent-scale oscillation. *Quaternary International* 57/58:93-112.
- Iriondo, M.**, 1999b. Last glacial maximum and hypsithermal in the Southern Hemisphere. *Quaternary International* 62:11-19.
- Latrubesse, E. y C. Ramonell**, 1990. Unidades litoestratigráficas del Cuaternario en la Provincia de San Luis, Argentina. *XI Congreso Geológico Argentino*, Actas II:109-112, San Juan.
- Maddy D., D. Bridgland y R. Westaway**, 2001. Uplift-driven valley incision and climate-controlled river terrace development in the Thames Valley, UK. *Quaternary International* 79:23-36.
- Miall, A.**, 1977. A review of the braided river depositional environment. *Earth Science Review* 13:1-62.
- Miall, A.**, 1996. *The geology of fluvial deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Springer Verlag, Berlin, 582 pp.
- Miquel, S.E. y M.L. Aguirre**, 2011. Taxonomía de los gasterópodos terrestres del Cuaternario de Argentina. *Revista Española de Paleontología* 26:101-133.
- Ojeda, G., D. Gómez y J. Chiesa**, 2012a. Dunas lunetas en el ambiente del río Desaguadero y su implicancia paleoambiental. Mendoza, Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 24:123-128.
- Ojeda, G., J. Chiesa y D. Gómez**, 2012b. Rasgos Geomorfológicos del Ambiente del Río Desaguadero al Norte del Arroyo Jarilla. Límite Interprovincial San Luis-Mendoza. *V Congreso de Cuaternario y Geomorfología*, Actas I:213-222, Río Cuarto.
- Ojeda, G., J. Chiesa y D. Gómez**, 2013. Los depósitos eólicos asociados a la planicie aluvial del río Desaguadero, provincia de Mendoza, Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 20:105-128.
- Ortiz, A., J. Zambrano y J.C. Perucca**, 1977. *Evolución geomórfica de los ríos Mendoza y Tunuyán*. Boletín del Instituto de Investigaciones Mineras, San Juan, 144 pp. (inédito).
- Pascual, R. y P. Bondesio**, 1981. Sedimentitas cenozoicas. En M. Yrigoyen (Ed.), *Geología y Recursos Naturales de la provincia de San Luis*. Relatorio VIII Congreso Geológico Argentino, Publicación Especial:117-154.
- Piovano, E., D. Ariztegui, M. Cioccale, F. Córdoba y G. Zanor**, 2006a. Reconstrucciones paleoclimológicas desde el Último Máximo Glacial en el sur de Sudamérica: ¿megasistemas en antifase hidrológica? *III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, Actas II:659-669, Córdoba.
- Piovano, E., M. Cioccale, D. Ariztegui, G. Zanor, y F. Córdoba**, 2006b. Lacustrine records of the Little Ice Age in Southern South America. *IV Congreso Latinoamericano de Sedimentología - XI Reunión Argentina de Sedimentología*, Actas I:182, San Carlos de Bariloche.
- Piovano, E.L, 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 F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri (Eds.), *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions, from the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Developments in Paleoenvironmental Research 14:323-351.
- Polanski, J.**, 1963. Estratigrafía, Neotectónica y Geomorfología del Pleistoceno Pedemontano entre los ríos Diamante y Mendoza (Pcia. de Mendoza). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 17:127-349.
- Ramonell, C., M. Iriondo y R. Krömer**, 1992. Guía de campo de Cadinqua, Centro-Este de San Luis. *V Reunión de Campo*, Departamento de Geología y Minería, Universidad Nacional de San Luis, 37 pp. (inédito).
- Rodríguez, E.**, 1966. Estudio hidrogeográfico del sector N.E. de la Provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21:39-60.
- Rodríguez, E. y M. Barton**, 1993. El Cuaternario de la Llanura. En V. Ramos (Ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino:173-194.
- Rojo, L., M. Páez, J. Chiesa, E. Strasser y F. Schabitz**, 2012. Registro polínico y condiciones paleoambientales durante los últimos 12.600 años AP en Salinas del Bebedero (San Luis, Argentina). *Ameghiniana* 49:427-441.
- Rutter, N., A. Coronato, K. Hermens, J. Rabassa y M. Zárate**, 2012. *Glaciations in North and South America from the Miocene to the Last Glacial Maximum. Comparisons, linkages and uncertainties*. Springer Briefs in Earth System Sciences Springer, Dordrecht, 67 pp.
- Sepúlveda, E.**, 2001. *Hoja Geológica Mendoza (Pcia. de Mendoza y San Juan), 3369 II*, Servicio Geológico Minero Argentino. Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina 1:250.000, Publicación Especial 252. Buenos Aires, 60 pp.
- Stuiver, M. y P. Reimer**, 1993. Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. *Radiocarbon* 35:215-230.
- Strasser, E., J. Chiesa y T. De Miguel**, 2000. Primer fechado absoluto del límite Pleistoceno-Holoceno en el río Desaguadero. Inferencias paleoclimáticas. *IX Congreso Geológico Chileno*, Actas I:563-567, Puerto Varas.
- Talbot, M. y P. Allen**, 1996. Lakes. En H. Reading (Ed.), *Sedimentary environments*. Blackwell Publishing, Oxford: 83-124.
- Tognelli, G.**, 1987. *Hidrología y geoquímica de la Cuenca de*

Salinas del Bebedero. Trabajo Final de Licenciatura, Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis, 48 pp. (inédito).

Tripaldi, A. y S. Forman, 2007. Geomorphology and chronology of Late Quaternary dune fields of western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 251:300-320.

Valero Garcés, B., M. Grosjean, K. Kelts, H. Schreier y B. Messerli, 1999. Holocene lacustrine deposition in the Atacama Altiplano: facies models, climate and tectonic forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 151:101-125.

van Huissteden, J., P. Gibbard y R. Briant, 2001. Periglacial fluvial systems in northwest Europe during marine isotope stages 4 and 3. *Quaternary International* 79:75-88.

Vargas Rojas, R., 2009. *Guía para la descripción de suelos*.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 99 pp.

Yrigoyen, M., 1975. La edad cretácica del Grupo del Gigante (San Luis) y su relación con cuencas circunvecinas. *I Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Actas II:29-56.

Zárate, M., 2002. Los ambientes del Tardiglacial y Holoceno en Mendoza. En A. Gil y G. Neme (Eds.), *Entre Montañas y Desiertos*. Sociedad Argentina de Antropología:9-42.

Zárate, M. y A. Mehl, 2008. Estratigrafía y geocronología de los depósitos del Pleistoceno tardío-Holoceno de la cuenca del Arroyo La Estacada, departamentos de Tunuyán y Tupungato (Valle del Uco), Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63:407-416.

Zárate, M. y A. Tripaldi, 2012. The aeolian system of central Argentina. *Aeolian Research* 3:401-417.