

# REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA

2018, Volumen 3, Número 1: 183-221

---

## Geología y paleolimnología del complejo lagunar “Santa Rosa del Monte”, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Nauris V. Dangavs

Instituto de Geomorfología y Suelos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
nauris@igs.edu.ar



## **Geología y paleolimnología del complejo lagunar “Santa Rosa del Monte”, Provincia de Buenos Aires, Argentina**

**Nauris V. Dangavs<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Geomorfología y Suelos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina  
nauris@igs.edu.ar

**RESUMEN.** Tres lagunas integran el complejo, alojadas en cinco cubetas eólicas de diferente edad, que a nivel hídrico normal forman un ambiente único, donde se caracterizaron los aspectos fisiográficos, hidrológicos y geolimnológicos. En los afloramientos se reconocieron cinco unidades litoestratigráficas y tres pedoestratigráficas, que abarcan del Pleistoceno temprano/medio al tardío y del Pleistoceno final al presente. La Formación Ensenada, constituye el sustrato regional, sobre el cual se disponen cuatro unidades eólicas, las Formaciones Buenos Aires, La Postrera II, III, IV, los Geosuelos Sin Nombre, Puesto Callejón Viejo y Puesto Berrondo y, el aluvio reciente. En los lechos se registraron ocho unidades litoestratigráficas: cinco límnicas y tres eólicas. Las límnicas corresponden a los cuatro paleoambientes de la Formación Luján: Miembros La Chumbiada, Lobos, Río Salado y Monte, del Pleistoceno tardío al Holoceno tardío-tardío y el aluvio reciente; las unidades eólicas a las Formaciones La Postrera I y II del Pleistoceno tardío al Holoceno temprano y la IV del Holoceno tardío-tardío. El origen de las primeras cubetas se inició en la etapa seca del “Bonaerense”, la posterior alternancia climática seco/húmedo generó las otras cubetas. Las etapas secas se caracterizaron por deflación, sabkhas, precipitación de sales y depósitos eólicos. En las húmedas predominó el aluvionamiento y la pedogénesis. Así, el conjunto de depósitos “posensenadenses” está representado por cinco episodios secos (Glacial Temprano a la Pequeña Edad de Hielo) y cinco húmedos, con acumulaciones límnicas, desde el Miembro La Chumbiada al aluvio reciente y en los afloramientos los suelos sincrónicos S4, S2, S1 y S0.

**Palabras clave:** Cuaternario, Llanura pampeana, Estratigrafía, Paleo/ambientes lénticos, Paleoclimas.

**ABSTRACT. Geology and Paleolimnology of the shallow lake complex “Santa Rosa del Monte”, Buenos Aires Province, Argentina.** Three lakes integrate the complex, located within five deflation basins of different ages (Santa Rosa, San Jorge I, II, III & Maipo), which, when at normal hydrological level, constitute a single environment (18.96 sq.km). These typical Pampean plain shallow lakes are situated in an extensive low-relief sedimentary plain of the northeastern region of Buenos Aires Province, 16 km south of San Miguel del Monte City. These lakes are freshwater bodies, regionally called “lagunas”, located in depressions or basins genetically related to aeolian and hydrologic processes, which have evolved along their geological history from the primitive deep U-shaped profile to the present pan profile. This characteristic is due to the gradual infilling with

sedimentary sequences that reach thicknesses of several meters, determining a flat bottom relief and very little depth. Erosion scarps of variable height (0.6 to 4.6 m) composed of different-age sediments are found around its coastal perimeters. The complex is fed mainly by groundwater flow and the water regime is semi-permanent due to unstable water inputs, with wide variations in retained volumes, including desiccation. According to their hydrological and sedimentary characteristics, these environments are phreatic polymictic shallow lakes.

From a geological point of view, they are sedimentation basins whose origin and sedimentary contents are linked to the "post-Ensenadan" geological and climatic events, which acted on the paleo-valleys until they were transformed into the basins that contain the present lakes. Geodynamic processes, by means of combined actions (aeolian, fluvial, etc.) excavated and shaped the basins. Wind was the main agent that originated the basins by deflation; water acted by river erosion, sheet-wash and slope retreat. Water phenomena eroded terrigenous thresholds until finally connecting all the basins in the complex, and also widened the basins, but did not deepen them.

Five lithostratigraphic and three pedostratigraphic units were recognized in the outcroppings, encompassing from Early-Middle Pleistocene to Late Pleistocene and from Upper-Late Pleistocene to the present time. The oldest unit (Ensenada Fm.) forms the lake bedrock. It is made up of sandy siltstones, overlain by Buenos Aires Fm. loess and topped by a truncated paleosol ('Sin Nombre' Geosol). The third unit is a clay dune of La Postrera II Fm., which crops out only in the aeolian mound of Santa Rosa lake. This deposit is formed by pseudo-sandy silt, topped by a truncated paleosol (Puesto Callejón Viejo Geosol). The fourth unit crops out in the aeolian mounds of all the lakes in the complex; it is assigned to La Postrera III Fm., a loess-like deposit also topped by a truncated paleosol (Puesto Berrondo Geosol). Except in the lowest scarps, the top deposit in the region consists of a thin aeolian mantle of sandy silts, in which the present soil horizons are developing; it also occurs in the infilling lake deposits. This deposit is assigned to La Postrera IV Fm. The youngest subaerial unit is minimal and corresponds to flooding deposits of the recent Alluvium, made up of silty sands intermixed with lake muds located in the lowest scarps and slopes of the lakes.

The infilling sediments of the lake basins were studied from cores of 39 boreholes reaching the lake bedrocks; several meters of different superimposed sedimentary bodies were recognized, which represent different depositional episodes that occurred in these basins throughout their development until generation of the present water bodies. Thus, in this sequence, we found the clastic, epigenetic and biological record of five lacustrine deposits: four paleolimnic environments plus the present one, and three aeolian deposits, which represent eight stratigraphic units, spanning from Late Pleistocene to the present time. The basin bedrocks in Santa Rosa and San Jorge II lakes are overlain by freshwater paleolimnic deposits, composed of silty sands to gravelly muds, authigenic gypsum, carbonates, volcanoclastic minerals and freshwater bioclasts. This deposit is correlated to Luján Fm., La Chumbiada Member. The second sedimentary body is an elongated intra-basin clay dune almost 4 km long, parallel to the eastern coastline of Santa Rosa. This lunette is formed mostly by clay pellets, which confer a pseudo sandy silt texture to the sediment. This unit is correlated to La Postrera I Fm. The third sedimentary body in Santa Rosa and San Jorge II consists of silty sands to sandy muds, clay pellets and abundant bioclasts. This deposit was a freshwater paleoenvironment, which finally became a salt lake, with precipitation of carbonates, gypsum, and bearing euryhaline bioclasts of marine lineage introduced by seabirds, where survival and/or reproduction were possible. This unit is correlated to Luján Fm., Lobos Member. In the SE border of Santa Rosa, another strongly eroded clay dune is superimposed on La Postrera I Fm.; it contains abundant clay pellets, carbonates, clastic gypsum and other minerals. This deposit is correlated to La Postrera II Fm. The beds of the three complex environments contain a fifth highly carbonated sedimentary body, with volcanic ash lenses, scarce clay pellets, gypsum, volcanoclastic minerals and extremely abundant diatoms. The deposit is soft in marly sections and strongly indurated in the calcareous crusts. This unit represents a lacustrine to palustrine paleoenvironment, which in its latter stage became a carbonatic sabkha, essentially marly. These deposits are correlated to Rio Salado Member of Luján Fm.. The former unit is overlain by a sixth deposit of sandy silts and sandy muds, with freshwater organic remains. This sedimentary body is the most recent stratigraphic unit of the paleolimnic record, which is correlated to Luján Fm., Monte Member. The seventh unit is an aeolian deposit of loessic appearance, composed of sandy silts.

This deposit represents the last dry stage in the region and the consequent drying of the lakes, synchronous with the accumulation of aeolian mantles on surfaces with wide regional distribution. This unit is correlated to La Postrera IV Fm. The sedimentary cover is represented by the present Alluvium deposits, formed by clastic sediments of different textures (fine gravels to sandy clays), with freshwater animal and plant remains.

The Salado River drainage basin has been characterized since the Last Glacial by alternating climatic dry-humid stages that prevail until the present time, coincident with Erhart's (1956) biostasy (humid) and rhexistasy (dry) concepts, represented by five dry episodes (ES5-ES1) ranging from the Buenos Aires Fm. to the Little Ice Age and five humid episodes (EH5-EH1) post-Buenos Aires Fm. to the present humid stage, evidenced in the succession of infilling sediments in the lake basins and those in the outcroppings throughout this drainage basin. During the dry stages there was a prevalence of deflation, aeolian basin excavation, generation of sabkhas or saline lakes, precipitation of gypsum and carbonates, clay pellet aggregation, appearance of marine lineage euryhaline bioclasts and Aeolian deposit accumulation as extra and intra-basin deposits, leeward from prevailing winds in the lakes. In the humid stages, modelling and alluviation processes prevailed in the aquatic environments and pedogenesis in the outcroppings. The geologic ages and paleoclimatic interpretation were based on the oxygen isotopic stage sequence (OIS4 to 1), the paleomagnetic and radiocarbon dating, the pedogenetic episodes (S4 to S0) and the dune/loess aeolian phases (D5 and D4-L4 to D1-L1) related to Quaternary climatic changes in the southern South America plains. The dry climate episodes were materialized in the intra and extra-basins aeolian deposits, which correspond to the Buenos Aires and La Postrera Formations I to IV. Thus, the Buenos Aires Fm. is represented by Late Pleistocene D5, La Postrera I Fm. by D4-L4 (Late Glacial Maximum) also Late Pleistocene, La Postrera II Fm. by D3-L3 of Upper Late Pleistocene to Early Holocene, La Postrera III Fm. by the D2-L2 of Middle to Late Holocene and La Postrera IV Fm. by D1-L1 of the Little Ice Age of Upper Late Holocene.

The EH5-EH1 humid episodes are represented by five infilling deposits: four from aquatic paleoenvironments and those from present environments, four paleosols (S4-S1) and the present soil (S0). In the complex all the deposits are present, and the outcroppings include the paleosols referred to the synchronous pedogenic stages S4, S2, S1 and the S0 of the present soil. This lithostratigraphic and pedostratigraphic set corresponds to the following units of the Luján Fm., in decreasing age: Late Pleistocene La Chumbiada Member and the 'Sin Nombre' Geosol, representing EH5 and the pedogenic stage S4; Upper-Late Pleistocene Lobos Member the EH4 and S3 (absent in the complex); Early to Middle Holocene Río Salado Member and the Puesto Callejón Viejo Geosol to EH3 and S2 or Hypsithermal; Late Holocene Monte Member and the Puesto Berrondo Geosol to EH2 and S1 or Medieval Maximum, and finally the recent Alluvium and the present soil to EH1 and S0. The pedostratigraphic unit S3 is represented in other areas of the Salado River drainage basin by the Upper-Late Pleistocene La Horqueta Geosol, isochronous to the Luján Fm., Lobos Member. Besides, it should be noted that the units La Postrera Formations I to III are formed by discontinuous deposits, associated to the margins of the generating deflation basins; on the other hand, the La Postrera IV Fm. constitutes a mantle of regional distribution.

**Key words:** *Quaternary, Pampean plain, Stratigraphy, Paleo/lacustrine environments, Paleoclimates*

**RESUMO: Geologia e paleolimnologia do complexo lagunar "Santa Rosa del Monte", Província de Buenos Aires, Argentina.** Três lagoas integram o complexo, alojadas em cinco bacias eólicas de diferentes idades, que a nível hídrico normal formam um ambiente único, onde foram caracterizados os aspectos fisiográficos, hidrológicos e geolimnológicos. Nos afloramentos foram reconhecidas cinco unidades litoestratigráficas e três pedostratigráficas, que abarcam do Pleistoceno inicial/médio ao tardio e do Pleistoceno final ao presente. A Formação Ensenada constitui o substrato regional, sobre o qual estão dispostas quatro unidades eólicas, as Formações Buenos Aires, La Postrera II, III, IV, os Geosolos Sin Nombre, Puesto Callejón Viejo e Puesto Berrone, e aluviões recentes. Nos leitos foram registradas oito unidades litoestratigráficas: cinco límnicas e três eólicas. As límnicas correspondem aos quatro paleoambientes da Formação Luján: Membros La Chumbiada, Lobos, Río Salado e Monte,

do Pleistoceno tardio ao Holoceno tardio-tardio, e ao aluvião recente; as unidades eólicas correspondem às Formações La Postrera I e II do Pleistoceno tardio ao Holoceno inicial e IV do Holoceno tardio-tardio. A origem das primeiras bacias se iniciou na fase seca do "Bonaerense", a posterior alternância climática seco/úmido gerou as outras bacias. As fases secas foram caracterizadas por deflação, sabkhas, precipitação de sais e depósitos eólicos. Nas úmidas predominaram o aluvionamento e a pedogênese. Assim, o conjunto de depósitos "pós-ensenadenses" é representado por cinco episódios secos (Glacial Inicial à Pequena Idade do Gelo) e cinco úmidos, com acumulações límnicas, desde o Membro La Chumbiada ao aluvião recente e nos afloramentos os solos sincrônicos S4, S2, S1 e S0.

**Palavras-chave:** *Quaternário, Planície pampeana, Estratigrafia, Paleo/ambientes lénticos, Paleoclimáticos.*

### Introducción

Las lagunas constituyen las formas de paisaje más conspicuas de la llanura pampeana, algunas de ellas, en condiciones hidrológicas normales reúnen varios ambientes lénticos en un espejo de agua común, denominado "complejo lagunar", los que en estiaje se separan en cada uno de sus integrantes, debido a la presencia de umbrales topográficos subácueos que lo limitan. El "complejo lagunar Santa Rosa del Monte" está formado por cinco depresiones o cubetas, que constituyen tres lagunas (Santa Rosa, San Jorge y Maipo), las que se ubican en el sector central del sistema fluvio-lacustre en rosario de la cuenca menor de las "lagunas Encadenadas de Monte", tributaria de la cuenca mayor del río Salado. El área de estudio está situada en el distrito de Monte, región NE de la provincia de Buenos Aires, 16 km al sur de la ciudad de San Miguel del Monte, 4 km al este de la RN n° 3, en terrenos de la estancia Santa Rosa del Monte.

La reconstrucción paleoambiental que se presenta está basada, en las evidencias de los acontecimientos geológicos y climáticos ligados al paisaje lagunar, las que no sólo se hallan en los depósitos de relleno de sus cubetas, sino también en los afloramientos que rodean estos cuerpos de agua. De esta manera, al combinar la información proveniente de los lechos lagunares y de los afloramientos en las escarpas de erosión y montículos eólicos de sus costas de sotavento, se ha podido establecer la sucesión de los acontecimientos geológicos, producto de la alternancia climática seco-húmedo que generó, modeló y alimentó estos ambientes a lo largo de su prolongada historia geológica, la que se inició en la etapa climática seca del Pleistoceno tardío, donde las acciones eólicas iniciaron la excavación, por deflación, de las cubetas lagunares.

La suma de las historias geológico/ paleolimnológicas de estos ambientes está fundamentada en el análisis de los depósitos aflorantes y de la naturaleza y origen de los depósitos del relleno lagunar, que culmina en la síntesis interpretativa de la evolución paleoclimática y paleoambiental, basada en dataciones, correlaciones e interpretaciones, todo lo cual constituye el fundamento de este aporte, con el que concluye, por primera vez, el estudio geológico, geolimnológico y paleolimnológico de todos los integrantes de una cuenca fluvio-lacustre de la provincia de Buenos Aires.

### Antecedentes

En la provincia de Buenos Aires se reconocen varios complejos lagunares (Los Chilenos (Tornquist-Saavedra); El Potrerillo y Las Chilcas (Tordillo); Salada Grande (General Lavalle- General Madariaga), Santa Rosa del Monte (Monte), etc. Hasta ahora han sido estudiados solamente dos complejos, la Salada Grande (Dangavs, 1988) y el de esta presentación, el que carece de antecedentes,

no así los ambientes situados al norte y sur del mismo.

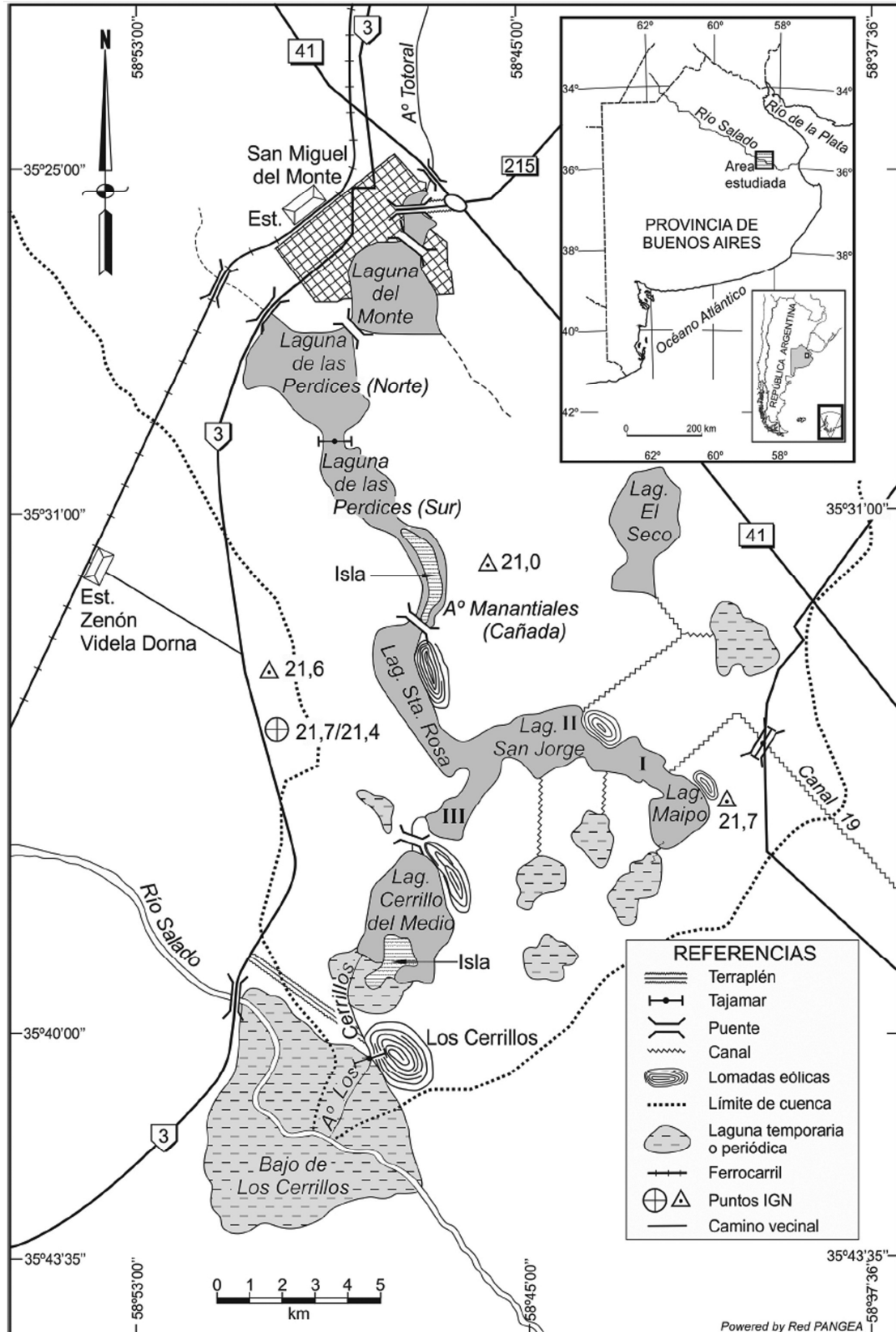


Figura 1: Mapa de la cuenca de las lagunas Encadenadas de Monte.

Al norte del complejo fueron estudiadas las lagunas de las Perdices (Dangavs, 2010), tributaria del complejo y del Monte, situada aguas arriba de la precedente (Dangavs & Pierrard, 2013). En el

primer ejemplo se caracterizó la geolmología y paleolmología, el grado de deterioro natural y la contaminación, sentando las bases para su recuperación. En el segundo la paleolmología, representada por depósitos de relleno que abarcan del Pleistoceno tardío al presente. Asimismo, al sur del complejo, Dangavs & Reynaldi (2008) estudiaron la laguna Cerrillo del Medio, efluente del complejo y aún más al sur, Tapia (1935) examinó los montículos del paraje Los Cerrillos y Riggi (1935) evaluó los sedimentos de relleno del “bajo de Los Cerrillos”. En la laguna Cerrillo del Medio se caracterizó la geología superficial y la paleolmología, reconociéndose en las escarpas de erosión y el montículo eólico de la laguna diez unidades estratigráficas (del Pleistoceno temprano/medio al Holoceno tardío-tardío) y en los depósitos de relleno seis unidades estratigráficas (del Pleistoceno tardío al presente). Por otra parte, Tapia asignó el sustrato y los montículos de la región al Plioceno; en cambio, para Riggi dicha cubierta sedimentaria es del “Bonaerense”. En lo que atañe a los depósitos de relleno del “bajo de Los Cerrillos”, Riggi estableció la siguiente secuencia estratigráfica de arriba-abajo: hasta 1 m de sedimentos arenosos finos, 0,3 a 1 m de margas del “Platense”, 6 m de limos verdosos del “Lujanense”, con rodados de tosca y muy abundante yeso y desde los 8 m de profundidad capas arenosas de grano fino, que Tapia atribuyó al “Araucano”. Asimismo, los depósitos que Riggi asignó al “Lujanense”, Tapia los refirió a la ingesión marina “Querandinense”.

Por otra parte, el recurrente problema de las inundaciones en la región de Monte, las que afectan vastos sectores rurales, incluso a su localidad cabecera, motivó a Dangavs *et al.* (2003) la evaluación del riesgo hídrico en la cuenca de las lagunas Encadenadas de Monte, sus causas, consecuencias, las acciones de mitigación de sus efectos y las propuestas para el control de las mismas.

### **Materiales y métodos**

La base cartográfica consistió en los mapas topográficos en 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), cartas parcelarias y rurales en 1:25.000 de la Dirección de Geodesia de Buenos Aires y fotomosaicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en 1:20.000. Los parámetros morfométricos se determinaron en base a los fotomosaicos del INTA, salvo la batimetría, que se estableció a partir del registro obtenido durante las campañas de perforación, complementados con sondeos auxiliares. Para determinar las relaciones entre los niveles lagunares y el del agua libre subterránea (agua freática) se instaló una red freatimétrica en cada laguna del complejo. Los datos de inundaciones y sequías que afectaron a la cuenca lagunar de Monte fueron proporcionados por la Municipalidad de Monte, salvo los del período 2001-2010, que se basaron en datos de campo propios.

En los lechos lagunares se realizaron 39 sondeos a barreno balde sin encamisar hasta el piso primitivo de cada ambiente (Santa Rosa 12, San Jorge 21 y 6 en Maipo). Además, 6 perforaciones en el montículo de la costa oriental de la Santa Rosa con un equipo de percusión manual de cabezal desmontable, tubos sacatestigos de 35 mm Ø y prolongaciones de 0,9 m cada una, así como muestreos en canaleta en las escarpas de erosión de cada ambiente. La ubicación de las perforaciones, los puntos batimétricos y las nivelaciones de vinculación se realizaron mediante estación total Topcon. Los puntos de arranque de las nivelaciones se establecieron a partir de puntos fijos del IGN (figura 1), con posterior transporte de cotas hasta los bordes lagunares. Todos los datos bati-altimétricos están referidos al cero del IGN (figura 2).

Para el análisis sedimentológico se estudiaron megascópicamente 182 muestras de sedimentos de relleno de las cubetas y 35 de las escarpas y los montículos eólicos de las lagunas. En 112 representativas de cada unidad se realizó el análisis textural y estadístico, la mineralogía de las gravas a limo grueso y el contenido fosilífero. Para el tamizado y pipeteo se utilizó la metodología expuesta en Carver (1971); la distribución granulométrica fue interpretada a partir de curvas de frecuencia acumulada en papel probabilístico y la clasificación textural y el cálculo de parámetros estadísticos se

basó en Folk (1968). La mineralogía fue determinada en microscopio binocular y petrográfico. Los restos de moluscos y foraminíferos fueron identificados por microscopía binocular. Los datos pluviométricos corresponden a valores inéditos de 92 años del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) del período 1893/1984 y 17 años de la Sociedad Rural de Monte (período 1985/2001). La caracterización química del agua de las lagunas del complejo se realizó mediante una muestra de cada ambiente y dos de agua freática de los lechos secos de Santa Rosa y San Jorge. Las muestras de agua de las lagunas se extrajeron en el centro de cada ambiente a una profundidad de 0,30 m, estando los espejos lagunares en cota de 18,50 m. Las cinco muestras de agua fueron procesadas en el C&D Laboratorio de La Plata.

### Marco ambiental

#### Clima

Según Köppen (1948), la región se encuentra comprendida en la zona de América del Sur de clima lluvioso y moderadamente cálido, siendo la característica del clima principal el templado húmedo, zona climática de transición al cálido, con inviernos suaves y veranos calurosos. Las lluvias en la zona son abundantes y de distribución bastante regular. Las normales de 109 años en Monte (período 1893/2001) alcanzan los 894 mm/año, con una media mensual de 74,5 mm. El mayor registro histórico y la mayor precipitación del siglo XX correspondió al año 1993 con 1836 mm, seguida por la de 2001 con 1592 mm; en cambio, las menores precipitaciones se registraron en 1893 con 168 mm y 1961 con 180 milímetros.

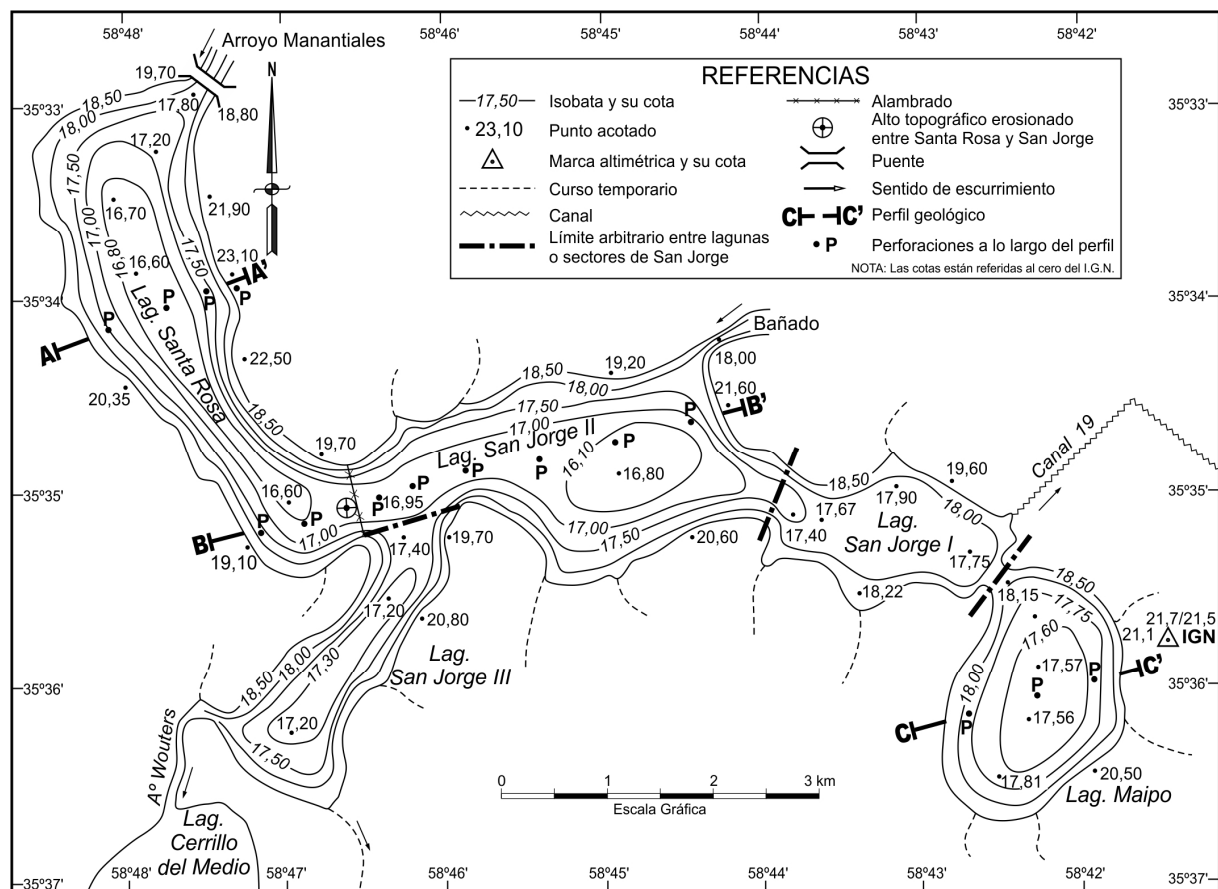


Figura 2: Complejo lagunar: planimetría acotada, batimetría y perforaciones a lo largo de los perfiles geológicos.



## **Fisiografía y Geomorfología**

La cuenca de las “lagunas Encadenadas de Monte” (938 km<sup>2</sup>), tributaria del río Salado, forma parte de una extensa llanura de acumulación de sedimentos predominantemente limosos. El relieve es suave y la pendiente regional muy escasa en dirección general SSE (valor medio 0,128%). Su mayor altitud se halla en su extremo norte en Cañuelas, en cota 34,3 m y la menor en la desembocadura del A. Los Cerrillos en el río Salado en cota 15,5 m, siendo la altitud media de la cuenca 24,9 msnm. Por otra parte, la pendiente local puede alcanzar valores entre 2,4% y 3,5%, en los montículos eólicos del sector central y sur de la cuenca, en terrenos de las estancias Santa Rosa del Monte, Cerrillo del Medio y Los Cerrillos. Aparte de los rasgos altimétricos mencionados, que se elevan hasta 9 m sobre el llano circundante, en el resto de la región las lomas son escasas y de poco desarrollo. La cuenca se caracteriza por 18 ambientes lénticos principales y un sinnúmero de pequeños cuerpos de agua. En estado hídrico normal, seis de los ambientes principales integran el sistema de las Encadenadas de Monte, constituido de norte a sur por las lagunas del Monte, de las Perdices, Santa Rosa, San Jorge, Maipo y Cerrillo del Medio. Durante las crecientes del río Salado se integra al grupo el “bajo de Los Cerrillos”, en cuyo transcurso constituye una laguna periódica de 4.200 ha, cuyo lecho forma parte del curso del río Salado (figura 1). Desde el punto de vista hidrográfico la cuenca posee un eje de drenaje principal de rumbo aproximado N-S de 71 km de largo, que desemboca en sucesivos ambientes lénticos hasta llegar al río Salado. Las nacientes del sistema se sitúan en cota 33,75 m, en proximidades del Paraje La Noria en Cañuelas y la desembocadura en el río Salado en cota 12,82 m, siendo el desnivel total de 20,93 m y la pendiente de 0,0294%. Al norte, el eje de drenaje está representado por el A. Totoral, el que a 37 km de sus nacientes desemboca en la laguna del Monte y de allí las aguas del sistema fluyen a lo largo de 34 km a través del resto de las lagunas mencionadas, salvo Maipo, la que no se halla en el eje de escurrimiento, sino que desagua en la laguna San Jorge (figuras 1 y 2). El colector final de la cuenca es el A. Los Cerrillos, curso permanente de 5,5 km de extensión, que nace en el extremo sudoeste de la laguna Cerrillo del Medio y desemboca en el río Salado. Cabe señalar que en la parte oriental de la laguna San Jorge el sistema entronca con un ramal secundario de 27 km de largo, proveniente del sector nor-oriental de la cuenca, a lo largo del cual se sitúan numerosas lagunas que no integran el sistema encadenado. Los tributarios del complejo son el A. Manantiales, efluente de la laguna de las Perdices, que desemboca en el extremo norte de la laguna Santa Rosa y un curso innominado, efluente de las lagunas El Seco y La Espadaña, que desagua en la costa nor-oriental de la laguna San Jorge. Los emisarios naturales del complejo son el A. Wouters y un pequeño curso que funciona solamente durante las crecientes. Ambos cursos nacen en el extremo del brazo sur de la laguna San Jorge y desembocan en la laguna Cerrillo del Medio. Asimismo, entre 2002 y 2005, como parte de las obras hidráulicas del “Plan Maestro de la Cuenca del Río Salado” del gobierno de la provincia de Buenos Aires, se excavó un nuevo emisario a partir del extremo oriental de la laguna San Jorge, que consiste en un canal derivador (Canal 19) hacia el A. El Siasgo, en cuya progresiva km 3,2 se construyó una estructura de hormigón (tajamar) con compuertas móviles, que posibilita el desagüe de las lagunas durante los excesos hídricos a partir de la cota de agua de 18,83 msnm y retención en las menores (figuras 1 y 2).

## **Morfología de las lagunas**

El complejo lagunar se extiende a lo largo de 14,2 km y abarca un área de casi 19 km<sup>2</sup> (figura 2 y tabla 1). Su forma es muy irregular, sigmoide, elongada en sentido SE-E-NE-SE-S, a la que se añade un apéndice de rumbo NE-SO, que constituye el brazo sur de San Jorge, el que empalma con el sector nor-occidental del cuerpo principal de esta laguna. Sin embargo, al tratar cada integrante en forma

individual, resulta que Santa Rosa y Maipo son de forma regular ovoide, mientras que la única irregular es San Jorge, debido a que su desarrollo se realizó en varias etapas, mediante sucesivas capturas hasta conformar el ambiente actual.

**Tabla 1.** Parámetros morfométricos del complejo lagunar y de sus ambientes integrantes, referidos a la cota de 18,50 msnm.

Ambiente	Lmt m	Amx m	Amd m	P km	S ha	V hm <sup>3</sup>	Pmx m	Pmd m
Complejo lagunar	14200	4200	1335	42,40	1896	16,87	1,90	0,89
L. Santa Rosa	5400	1940	1050	12,80	567	6,15	1,90	1,03
L. San Jorge	9000	1990	1039	25,10	1025	8,52	1,70	0,82
L. San Jorge I (Este)	2250	1600	1320	9,20	297	1,16	1,05	0,39
L. San Jorge II (Centro)	4000	1990	1250	10,92	498	5,30	1,70	1,06
L. San Jorge III (Sur)	3080	1310	747	8,25	230	1,88	1,30	0,82
L. Maipo	2320	1690	1294	6,60	304	2,20	0,94	0,72

Referencias: Lmt: longitud máxima total; Amx: ancho máximo; Amd: ancho medio; P: perímetro; S: área; V: volumen; Pmx: profundidad máxima; Pmd: profundidad media.

### Santa Rosa

La laguna Santa Rosa es de forma ovoide a sub-rectangular, alargada en sentido NO-SE, que carece actualmente de separación con San Jorge. Antiguamente existía un umbral topográfico que fue erosionado hasta la cota de 14,80 m (-3,70 m), cuya consecuencia fue la unión de ambas lagunas. Posteriormente sobre dicho umbral se acumularon depósitos eólicos, que también fueron erosionados, siendo el remanente un alto en el lecho lagunar que alcanza la cota de 15,80 m (-2,70 m). Dicho umbral está situado unos 300 m al oeste del límite arbitrario actual, establecido por un alambrado que atraviesa la laguna (figura 2). La laguna posee costas con escarpas de erosión en casi todo su perímetro, con buen desarrollo a lo largo del montículo eólico de su costa oriental (3,1 km), el que se eleva 4,60 m sobre el plano lagunar (hasta 23,10 m, la cota máxima del complejo) y desciende hacia el norte y al sudeste. Hacia el norte la escarpa desciende gradualmente hasta transformarse en un talud de 0,40 m, que se prolonga por la costa del A. Manantiales y al sudeste, el montículo desciende hasta la cota de 19,70 m (1,20 m), donde desaparece bajo el agua, formando parte de los depósitos colmatantes de la laguna, sitio donde se halla el mencionado umbral que separaba ambas lagunas. En el sector central de la costa occidental, la escarpa alcanza 1,85 m de altura, en cambio hacia el norte no supera 1,20 m y hacia el sur 0,60 m, la que en las crecientes tiende a desbordar.

### San Jorge

La laguna San Jorge es de forma muy irregular, alargada 9 km en sentido general E-O, que en su extremo occidental se une a un brazo sur de 3 km, cuyo conjunto forma una especie de U invertida muy abierta (figura 2). Este conjunto está conformado por tres cuerpos o sectores numerados en el sentido del escurrimiento e identificado con los romanos I, II y III (figura 2). El primer cuerpo o San Jorge I constituye la parte oriental de la laguna, en la que desagua Maipo; San Jorge II forma el cuerpo principal y San Jorge III el occidental o brazo sur, que se halla en el límite entre Santa Rosa y San Jorge. Entre San Jorge I y II existe un umbral topográfico en cota de 17,40 m; por debajo de la misma San Jorge I es endorreica. Por otra parte, la descarga entre San Jorge II y III se realiza por rebalse a partir también de la cota de 17,40 m, no obstante lo cual el sistema permanece endorreico hasta no alcanzar la cota de 18,00 m, a partir de la cual es exorreico hacia la laguna Cerrillo del Medio. Las costas de la laguna San Jorge son escarpadas en la mayor parte de su perímetro, con buen desarrollo en los montículos eólicos de la costa noreste y sudeste de San Jorge II, donde alcanzan 3,10 m (cota

21,60 m) y 2,10 m (cota 20,60 m), respectivamente. En la costa oriental de San Jorge III, la escarpa es de 2,30 m (cota 20,80 m). En San Jorge I y el resto del perímetro lagunar, las escarpas no superan 0,60 m de altura.

### **Maipo**

La laguna Maipo es de forma ovoidal (figura 2), levemente alargada en sentido NO-SE, alojada en una cubeta arreica, separada del extremo oriental de San Jorge I por un umbral de tierra de 380 m de largo, que se elevaba 0,90 m (cota 19,40 m) sobre el plano lagunar. Dicho umbral fue paulatinamente erosionado hasta la cota de 18,15 m (-0,35 m), circunstancia que determinó la unión de ambas lagunas a partir de dicha cota. A niveles hídricos menores a 18,15 m, Maipo vuelve a su condición de arreica. La costa noreste de la laguna está conformada por un montículo eólico de 2,60 m de altura (cota 21,10 m) y el resto del perímetro por escarpas que no superan 1,20 m sobre el nivel lagunar y taludes de 3 a 15 m de ancho que pasan suavemente al campo lindante, los que en estiaje constituyen playas arenosas.

### **Hidrología**

Las lagunas son alimentadas principalmente por el agua libre subterránea y en menor cuantía por el escurrimiento superficial. La información obtenida con las mediciones de la red freaticométrica indica que el sistema es efluente-influente en Santa Rosa y San Jorge y efluente en Maipo. No obstante sus espejos de agua generalmente no son estables, sino que presentan amplias variaciones de volumen retenido, incluso la desecación. En los períodos de balance hídrico positivo (precipitación > evapotranspiración), los aportes superficiales y freáticos son abundantes, posibilitando el ascenso de los espejos de agua. Durante las crecientes máximas y las inundaciones desbordan, salvo en los sectores de costas más elevadas que sobresalen como islas. Según registros del Municipio de Monte, las inundaciones en la región se produjeron en los años 1900, 1913 al 15, 1919, 1925, 1933, 1940, 1967, 1978, 1980, 1985, 1988, 1993, 1998 y 2001. En la inundación de 2001 desbordaron todas las lagunas del sistema, alcanzando su pico máximo en cota de 20,88 m el 11/11/2001 y su nivel normal recién a partir de abril del 2003. La inundación de 2001 coincidió con el inicio del programa de estudio de la cuenca lagunar y el río Salado en la zona de Los Cerrillos, el que se extendió hasta 2010. En los años de balance negativo (precipitación < evapotranspiración) se produce el lento descenso de los niveles en coincidencia con el descenso freático hasta secarse (en base a datos freaticométricos). Asimismo, en base a datos de la Municipalidad de Monte, las lagunas del “sistema de las Encadenadas” estuvieron secas en 1893, 1897/99 1910, 1942/43, 1954 y 1967. Nuestros registros indican que las lagunas del complejo empezaron a secarse en la primavera de 2004, hasta que finalmente se secaron en abril de 2005 y los lechos fueron rápidamente cubiertos por vegetación, hasta transformarse en campos de pastoreo, condición que se extendió hasta el comienzo de 2008. Esta situación se producía cada vez que el nivel freático descendía por debajo de sus lechos. Al respecto, las mediciones del nivel freático Santa Rosa (junio de 2005) lo ubicaron a -0,35 m, en San Jorge II a -0,50 m y en Maipo a -0,75 m (febrero de 2006). Asimismo, las lagunas experimentaron también grandes descensos de nivel entre 1904 a 1909, 1916/18, 1956, 1971/72 y en 2010, donde se secó Maipo y los sectores menos profundos de San Jorge (San Jorge I y San Jorge III).

### **Físico-química del agua**

Las aguas de estos ambientes son inodoras, ligeramente turbidas (12,2 a 13,9 NTU), debido a su contenido de partículas minerales (arcillas), materia orgánica y plancton. La coloración es amarillenta

en probeta (color entre 48,9 y 60,1 en unidades de color Co-Pt). En la naturaleza el color es castaño amarillento y la transparencia siempre es mayor en los sectores con vegetación acuática, que en las zonas de aguas abiertas.

**Tabla 2.** Datos comparativos de análisis químicos del complejo en  $\text{mgL}^{-1}$ .

M	Fecha	pH	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Alc	$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	Cl	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	Du
1	5-4-03	9,0	1146	342	123	201	147	57	125	64	25	20	144
2	5-4-03	8,9	982	330	73	325	152	64	138	44	26	23	162
3	8-4-03	8,7	1084	320	89	197	130	61	126	45	21	15	147
4	19-1-05	7,2	10670	1428	0	1742	1841	1401	1789	113	108	267	1382
5	20-1-05	7,3	5960	1038	0	1266	1095	368	1060	66	64	87	520

Referencias: M 1: L. Maipo; M 2: L. San Jorge II; M 3: L. Santa Rosa; M 4 y 5: agua freática de lechos secos; M 4: San Jorge II a - 0,50 m y M 5 Santa Rosa a - 0,35 m; Alc: Alcalinidad; Du: Dureza total.

Las características químicas comparativos de sus aguas son las siguientes: A nivel normal son algo salobres y el agua freática de sus lechos secos es salobre a salada (tabla 2). La conductividad específica corresponde agua oligohalina para las lagunas y mesohalina para el agua freática. El pH es medianamente alcalino; la alcalinidad está determinada por carbonatos y bicarbonatos. Los iones dominantes son el bicarbonato y el sodio, seguidos por el cloruro. Los restantes iones son mucho menores a nivel normal y relativamente importantes en estiaje; no obstante el contenido del ión potasio resulta alto para la región. La dureza total, expresada como  $\text{CO}_3\text{Ca}$  indica aguas moderadamente duras. En función de la cantidad relativa de iones, según los criterios de la limnología europea, expresados por Maucha (1932), las aguas de estos ambientes son oligohalinas, bicarbonatadas sódicas cloruradas, hemicarbonatadas a carbonatadas, oligosulfatadas, hemipotásicas, hemicálcicas y hemimagnésicas.

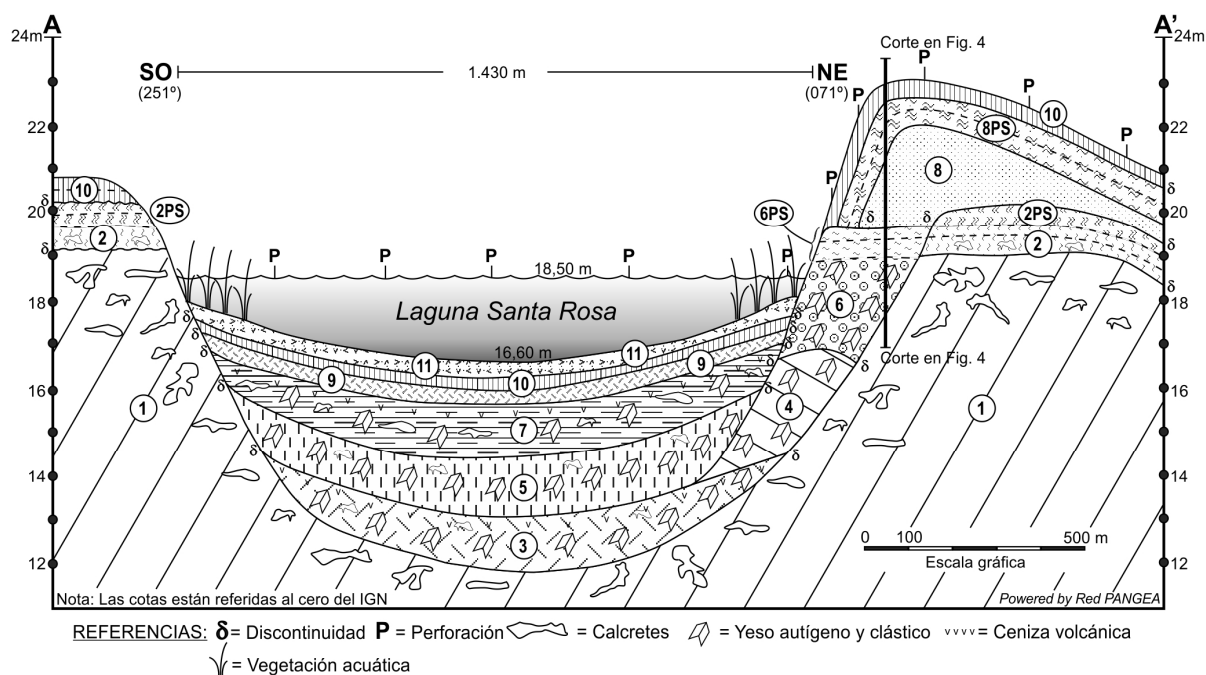
### Clasificación limnológica

En sentido puramente limnológico, cada uno de estos ambientes son equiparables al *pond*, el *étang* (Ringuelet, 1962) y el *Teich* y *Tümpel* (Kapfer & Konold, 1993). Por sus características geológicas equivalen al *Flachsee* y el *Shallow lake*, conceptos que se corresponden con el de "lago playo" (Dangavs, 2005a). Por el tipo de aportes hídricos corresponden a lagunas freáticas y por el régimen hídrico lagunas semi-permanentes (Dangavs, 2005a). La analogía rigurosa se establece con los lagos polimícticos y los lagos de tercer orden de la clasificación norteamericana (Hutchinson, 1957) debido a la ausencia de estratificación térmica y química permanente, motivada por la escasa profundidad de este tipo de cuerpos de agua. Sin embargo, todas las lagunas de la cuenca se alojan en profundas cubetas que han evolucionado a lo largo de sus historias geológicas, desde la forma primitiva de perfil en U abierta, asimilable al *Wanne* de Penck (1894), a la actual de perfil en palangana. Esta característica se debe al paulatino y discontinuo relleno de sus lechos con detritos minerales y orgánicos, que alcanzan espesores de varios metros, determinando relieve de fondo chato y muy escasa profundidad.

### Geología Superficial

Las lagunas del complejo se encuentran emplazadas en terrenos cuaternarios, cuyas exposiciones se restringen a las escarpas de erosión y montículos eólicos de sus costas (figuras 3 a 8). En dichas manifestaciones se registran depósitos asignables a ocho unidades estratigráficas, i.e.: cinco

litoestratigráficas y tres pedoestratigráficas, excluido el suelo actual en desarrollo a expensas del depósito eólico más reciente. En la primera unidad de esta columna sedimentaria, el espesor visible está regulado por el nivel lagunar; la segunda es poco potente, no obstante lo cual culmina en la mayoría de sus perfiles en un paleosuelo truncado. Ambas unidades aflorantes son afines a las observadas en otros ambientes de las Encadenadas de Monte (ver Antecedentes), lo que permite resumir sus descripciones. Las restantes unidades se encuentran en los montículos eólicos de sus costas de sotavento (NE), la más reciente de ellas, corona también las escarpas de erosión de todo el complejo.



**Figura 3:** Perfil geológico SO-NE de la laguna Santa Rosa, según la sección AA' de la figura 2. Detalles: 1: Fm. Ensenada; 2: Fm. Buenos Aires; 2PS: Geosuelo Sin Nombre; 3: Fm. Luján, Miembro La Chumbiada; 4: Fm. La Postrera I; 5: Fm. Luján, Miembro Lobos; 6: Fm. La Postrera II; 6PS: Geosuelo Puesto Callejón Viejo; 7: Fm. Luján, Miembro Río Salado; 8: Fm. La Postrera III; 8PS: Geosuelo Puesto Berrondo; 9: Fm. Luján, Miembro Monte; 10: Fm. La Postrera IV; 11: Aluvio reciente.

En el montículo eólico de la costa oriental de Santa Rosa se reconoció mediante perforaciones cuatro depósitos eólicos, análogos a los descritos para la laguna Cerrillo del Medio por Dangavs & Reynaldi (2008). Los mismos están superpuestos o yuxtapuestos, recortados al azar por la acción hídrica del lavado de pendientes, conformando un promontorio que se eleva 4,60 m sobre el nivel lagunar y que desciende hacia el este hasta desaparecer a unos 500 m de la costa oriental. En cambio, la base se hundió 5 m en la cubeta primitiva, estableciendo una nueva línea de costa 240 m al oeste del borde oriental anterior. Sobre este nuevo borde costero, los episodios eólicos posteriores agrandaron el montículo hasta su configuración actual. En consecuencia, la sucesión eólica de Santa Rosa se compone en la base por una duna de arcilla intracuencial no aflorante, la que será tratada en el acápite de Paleolimnología. Sobre la unidad inferior se dispone otra duna de arcilla intracuencial y aflorante, por modificación de la primitiva línea de costa, la que a su vez es cubierta por sedimentos loésicos con ciertas características de duna de arcilla. El último integrante de la secuencia es un depósito mantiforme de aspecto loésico que corona el relieve del complejo. En cambio, en los montículos de San Jorge II, III y Maipo se registran solamente los dos eólicos superiores y en el resto del perímetro del complejo, incluido San Jorge I, el eólico más reciente. A continuación se detalla dicha sucesión de base a techo (tablas 3 y 4 y figuras 3 a 8).

**Tabla 3.** Cuadro estratigráfico del Cuaternario de las lagunas del complejo y comparativo con los esquemas de otros autores.

Unidades Litoestratigráficas	Edad	Ameghino 1889	Fidalgo <i>et al.</i> 1973; Fidalgo, 1990	Iriondo & Kröhling 1995, 96/07; Iriondo 1999	Toledo 2005/ 2011
Aluvio reciente (11)	= o > 250 años	Piso Ariano	Aluvio	0,2- 0 ka AP	Arianense (suelo)
Fm La Postrera IV (10) &	Holoceno tardío-tardío	-----	Fm La Postrera III	Pequeña Edad de Hielo D1-L1 0,8-0,2 ka AP	-----
Fm Luján, Mb Monte; (9)	Holoceno tardío	Piso Aymarano	Suelo Puesto Berrondo	Máximo Medieval 1,4-0,8 ka AP	SD Areco (Aymareense) 3-2,5 ka AP- Presente
Fm La Postrera III (8)	Holoceno medio a tardío	-----	Fm La Postrera II	D2-L2; 3,5-1,4 ka AP	-----
Fm Luján, Mb Río Salado; (7)	Holoceno temprano a medio	Piso Platense Postpampeano lacustre	Suelo P. Callejón Viejo Fm Luján, Mb Río Salado	EIO1 Hypsithermal 8,5-3,5 ka AP	Sec. La Plata (Querandinense - Platense) 13-3/2,5 ka AP
Fm La Postrera II (6) ; (*)	Pleistoceno final a Holoceno temprano	-----	Fm La Postrera I	14-8,5 ka D3-L3	-----
Fm Luján, Mb Lobos; (5)	Pleistoceno tardío-tardío	Piso Lujanense Pampeano Lacustre	Fm Luján, Mb Guerrero	Fase final EIO2 20/18-14ka AP Allerød	Sec. D Luján Verde Superior 17/16-13 ka AP
Fm La Postrera I (4) &	Pleistoceno tardío	-----	-----	EIO2; D4-L4 Máxi- Glacial 35-20/18 ka AP	-----
Fm Luján, Mb La Chumbiada; (3)	Pleistoceno tardío	Piso Lujanense Pampeano Lacustre	Fm Luján, Mb Guerrero Suelo Sin Nombre	EIO3 > 35 < 65 ka AP	Sec. D Luján Rojo 30-17/16 ka AP
SD Luján Verde Inferior #	Pleistoceno tardío	Piso Lujanense Pampeano Lacustre	-----	-----	Sec. D Luján Verde Inferior 55/50- 30 ka AP
Fm Buenos Aires; < 0,73 Ma; (2)	Pleistoceno medio-tardío	Bonaerense	Sedimentos Pampeanos	EIO4? y EIO3 D5; > 50 ka AP	G Sec. D Buenos Aires 115?-55/50 ka AP
Fm Ensenada > 0,73 Ma; (1)	Pleistoceno temprano a medio	Ensenadense	Sedimentos Pampeanos	EIO 4; D6 Fm Rosario	G. Sec. D "Ensenada" >600? ka AP

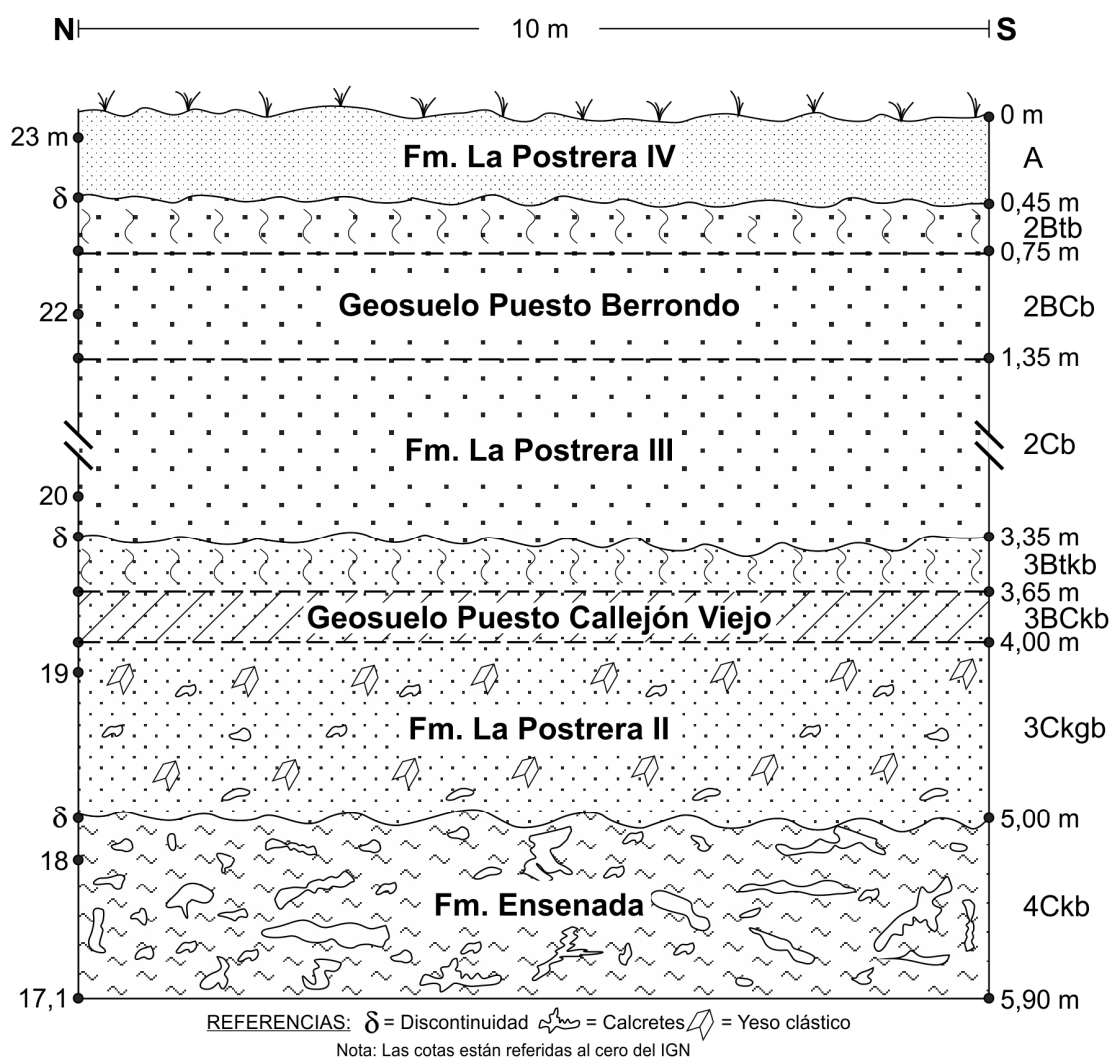
Referencias: (1 y 2): Riggi *et al.* (1986); (3): Dillon & Rabassa (1985); (4, 6, 8 y 10): Dangavs (2005b); (5): Dangavs & Blasi (2003); (7): Fidalgo *et al.* (1973); (9): Dangavs & Pierrard (2013); (&): depósito extra e intracuenal; (\*): ausente en el complejo; Fm: formación; Mb: miembro; Sec. D: secuencia deposicional; G. Sec. D: idem grupo; (#): Unidad no hallada en la cuenca del río Salado de Buenos Aires.

### Formación Ensenada: Unidad 1 (tablas 3 y 4 y figuras 3 a 8)

A nivel hídrico normal, la unidad de mayor edad de la región aflora en la base de las escarpas de todas las lagunas del complejo con espesores de hasta 0,50 m, excepto en la costa oriental de Santa Rosa, donde en la base aflorante se halla un depósito eólico de duna de arcilla (figuras 3 y 4). Estas sedimentitas están constituidas por limolitas arenosas castaño oscuras (10YR 4/4) a amarillento rojizas (7,5YR 6/6), macizas a estratificadas, leve a bien consolidadas y cementadas por carbonato de calcio en forma de septos horizontales, subverticales a verticales. La composición mineral consiste en muñecos de calcretes (tosca), clastos líticos de pelitas, en parte cementados por carbonato de calcio o arcilla, concreciones de Fe-Mn y minerales volcánoclasticos. Salvo algunos restos de conchillas

indeterminables y un par de incisivos de *Megatherium sp.*, hallados en la laguna Maipo, no se han encontrado otros bioclastos en este depósito.

Esta unidad, que constituye el sustrato geológico de la región y el piso de las cubetas se asigna a la Formación Ensenada (Riggi *et al.*, 1986) y se correlaciona con el “Ensenadense” de Ameghino (1889) y Frenguelli (1957). Su edad en base a dataciones paleomagnéticas es pleistocena temprana a media, que se corresponde con la Edad Matuyama tardía (> 0,73 Ma). Además, considerando que solamente asoma la porción cuspidal de la misma, se podría colegir que el espesor visible en el complejo de la Formación Ensenada representa al Pleistoceno medio.



**Figura 4:** Corte geológico de la escarpa eólica de la costa NE de la laguna Santa Rosa, con las unidades estratigráficas y los horizontes de paleosuelos (indicados con las líneas de trazos), según la nomenclatura pedológica.

**Formación Buenos Aires: Unidad 2 y Geosuelo Sin Nombre: 2PS** (tablas 3 y 4 y figuras 3, 5 a 8)

En discontinuidad erosiva sobre la Formación Ensenada se dispone un depósito loésico, en parte muy erosionado, que culmina en algunos de sus perfiles en un paleosuelo truncado, compuesto por los horizontes Btkb y BCkb (en figuras 5 y 6, solamente aparece el horizonte Btkb). El espesor del conjunto alcanza en algunos perfiles 1,20 m de espesor, de los cuales, 0,55 m corresponden al sedimento basal, 0,40 m al horizonte BCkb y 0,25 m al Btkb. El sedimento loésico es homogéneo, castaño amarillento claro (10YR 6/4), de textura limo-arenosa, estructura migajosa, friable a levemente consolidado y con abundante bioturbación de raíces y tubos de insectos. El carbonato de

calcio se halla diseminado en su masa en forma de polvo y como concreciones en muñecos. El horizonte BCkb es castaño oscuro (10 YR 4/3), la textura fango-arenosa a limo-arenosa (suelo franco limoso) y estructura en bloques subangulares gruesos. El horizonte argílico Btkb es castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), la textura fango-arenosa (suelo arcilloso) y estructura prismática compuesta, regular, fuerte. El contenido de bioclastos es exiguo en el sedimento basal, constituido por osteodermos de coraza de *Glyptodon sp* y algo más abundante en el paleosuelo, representado por restos vegetales carbonosos, fragmentos de huesos de aves y de pequeños mamíferos, semillas y silicofitolitos.

Esta unidad representa a la Formación Buenos Aires (Riggi *et al.*, 1986), que se correlaciona con el "Bonaerense" de Ameghino (1889) y Frenguelli (1957) y su paleosuelo cuspidal con la unidad pedostratigráfica Geosuelo Sin Nombre (Tonni & Fidalgo, 1978), cuya pedogénesis se corresponde con la etapa de clima húmedo subsiguiente. La mayoría de los autores que se han ocupado del "Bonaerense" o sus equivalentes, lo refieren al Pleistoceno tardío (Fidalgo *et al.*, 1975). A su vez, las dataciones paleomagnéticas le asignan Edad Brunhes, con una antigüedad < 0,73 Ma, circunstancia que permitiría asignarle edad pleistocena media a tardía. Zárate (2005) refiere que la cronología del Ensenadense/Bonaerense, no obstante ser inferida básicamente a partir del análisis magnetoestratigráfico, hasta ahora, el reconocimiento, la identificación litológica y la determinación de los límites de este intervalo estratigráfico son aspectos aún debatibles.

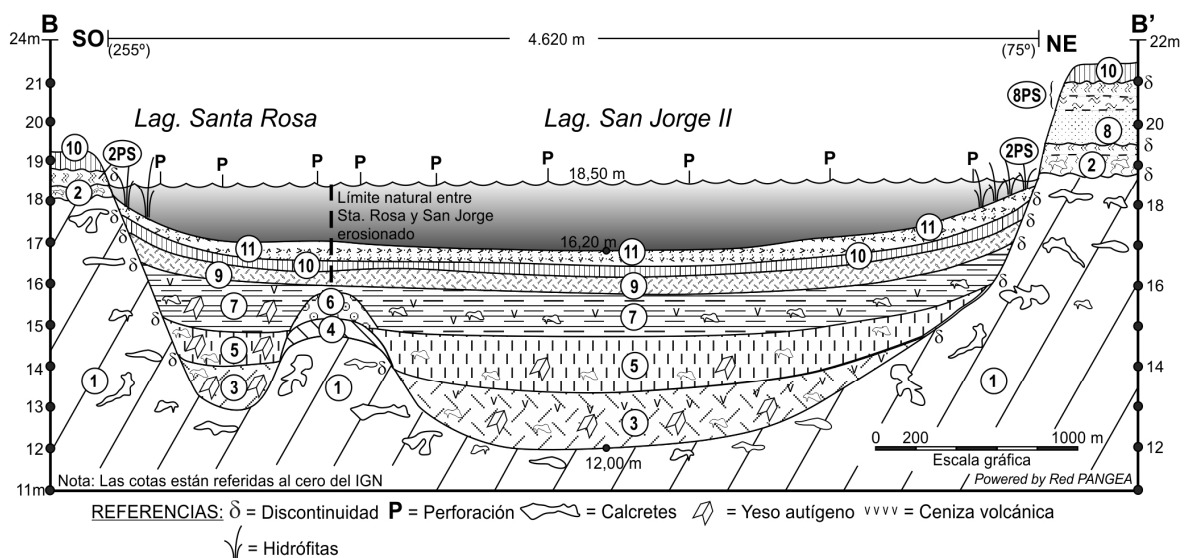


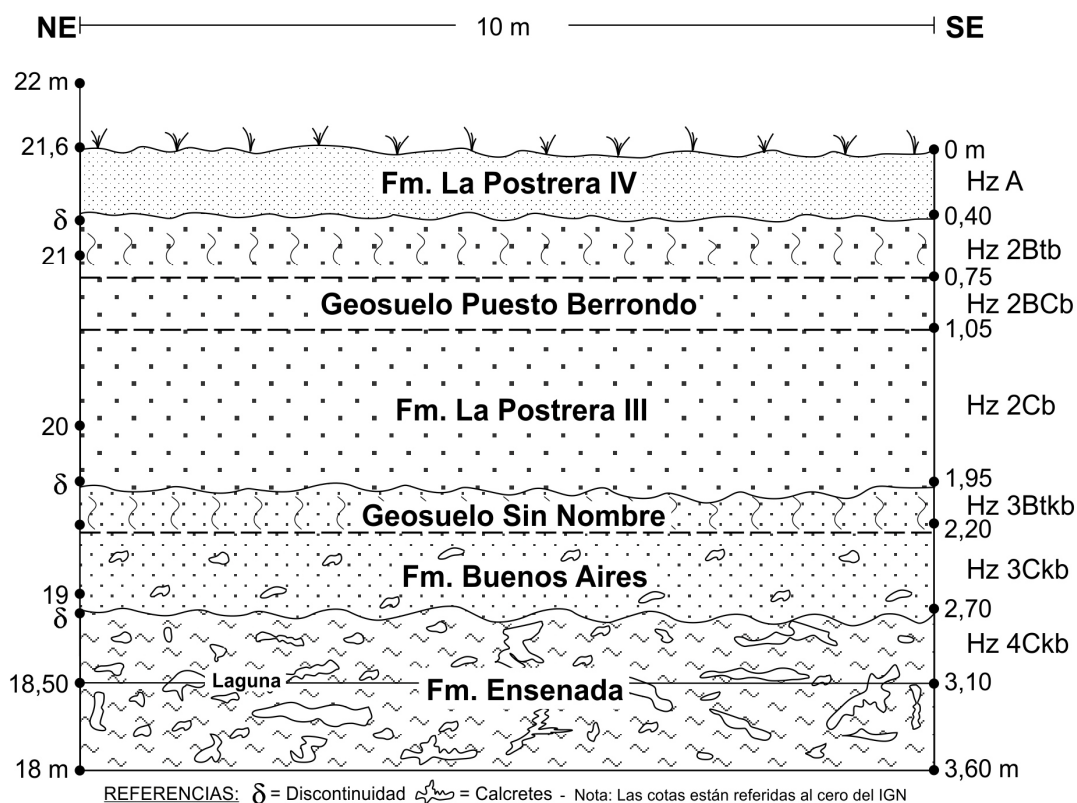
Figura 5. Perfil geológico SO-NE de la laguna San Jorge II, según la sección B-B' de la Figura 2. Detalles en la figura 3.

#### Fm. La Postrera II: Unidad 6 y Geosuelo Puesto Callejón Viejo: 6PS (tablas 3 y 4 y figuras 3 y 4)

En el montículo eólico de la costa oriental de Santa Rosa, en discontinuidad erosiva sobre la duna de arcilla intracuenal de la Formación La Postrera I (el 4 en la figura 3), en discontinuidad angular con la Formación Ensenada y en discontinuidad lateral entre el paleosuelo y la Formación Buenos Aires (6PS y el 2 en la figura 3), se ubica otro depósito en duna de arcilla, que culmina en algunos de sus asomos en un paleosuelo truncado, constituido por los horizontes BCkb y Btkb. El espesor del conjunto alcanza 2,80 m, de los cuales, 2,15 m corresponden al sedimento basal (Ckgb), 0,35 m al horizonte BCkb y 0,30 m al Btkb. Se destaca también la presencia de esta unidad en el lecho lagunar como depósito intracuenal entre Santa Rosa y San Jorge II, donde será considerado. El depósito eólico está constituido por pseudo limos arenosos amarillo claros (5Y 8/2) a grises claros (2,5Y 7/2), macizos, friables a levemente consolidados, en parte diamicticos, con frecuente bioturbación en poros y huecos. Además poseen abundantes pellets de arcilla subsféricos verdosos a blanquecinos de



tamaño arena a limo grueso que le confieren al sedimento la pseudo textura limo-arenosa, ocasionada por el incremento artificial de arena y limo en detrimento de la arcilla, cuya consecuencia consiste en que texturas casi idénticas, tengan grandes diferencias en las modas y los parámetros estadísticos (cf. tabla 4). Es decir, el análisis textural nos brinda una falsa relación textural; en cambio, cuando se analiza individualmente cada fracción en microscopio binocular, resulta que la mayoría del sedimento está constituida por pellets y solo 1/4 corresponde a cristales individuales de dicho tamaño. De ahí se concluye que la textura originaria del sedimento podría corresponder a fangos arenosos, limos o fangos. Este fenómeno de aglomeración de partículas finas y su floculación por efecto salino en unidades mecánicas de mayor tamaño ha sido descrito por Tricart (1954a y b); en tanto, la posterior acumulación por acción eólica en dunas de arcilla a sotavento de los vientos dominantes por Dangavs (1979). Además el depósito contiene líticas de pelitas, yeso discoidal clástico, muñecos de carbonato de calcio clástico y radiciformes autógenos, concreciones de Fe-Mn, motas de ceniza volcánica, minerales volcanoclásticos y bioclastos. El horizonte 3BCkb del paleosuelo es castaño grisáceo claro (2,5Y 6/2), la textura limo-arenosa (suelo franco a franco limoso) y estructura en bloques angulares irregulares medianos. El horizonte argílico 3Btkb es castaño grisáceo oscuro (2,5Y 4/2), la textura fango-arenosa (suelo arcilloso), la estructura prismática moderada mediana, con barnices y moteados comunes. La composición mineral del paleosuelo se caracteriza en la arena gruesa a mediana por pellets de arcilla verdosos y calcretes, en la arena fina a limo grueso, además de los anteriores la composición es volcanoclástica con abundantes grumos de vidrio volcánico alterado. Los escasos bioclastos están representados por pequeños restos óseos, raíces y restos de organismos acuáticos redepositados raídos o rotos, provenientes del paleoambiente generatriz, i.e.: girogonites de carófitas, valvas de ostrácodos, conchillas de *Heleobia parchappii*, *H. ameghini*, *Biomphalaria sp* y muy raras cónchulas del foraminífero *Ammonia sp*.



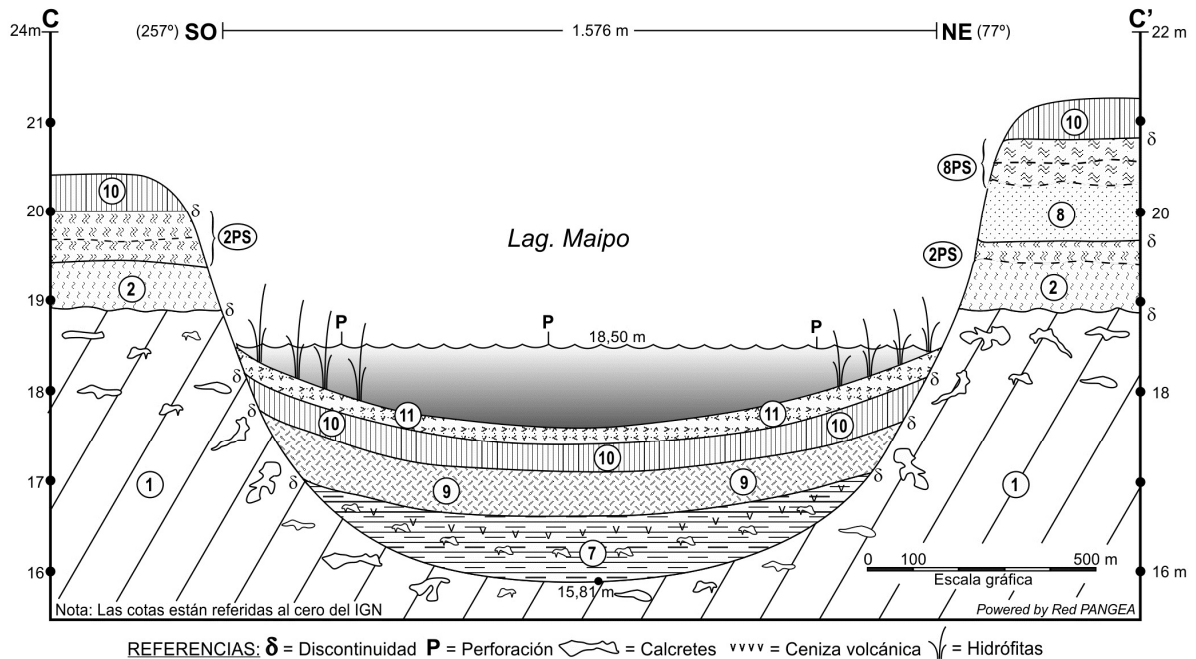
**Figura 6.** Perfil geológico de la escarpa eólica de la costa NE de la laguna San Jorge II, con las unidades estratigráficas y los horizontes de paleosuelos (indicados con las líneas de trazos), según la nomenclatura pedológica.

Esta unidad representa a la Formación La Postrera II (Dangavs, 2005b) del Pleistoceno tardío-tardío al Holoceno temprano, producto de la deflación de los sedimentos de la Formación Luján, Miembro Lobos del Pleistoceno tardío-tardío (Dangavs & Blasi, 2003), correlacionable con el Platense eólico de Frenguelli (1950), el E3 de Tricart (1973), la Formación La Postrera I de Fidalgo (1990) y en un esquema regional más amplio con el Alomiembro Medio de la Aloformación Saavedra (Rabassa, 1990). A su vez, el paleosuelo en que culmina este depósito se correlaciona con la unidad pedostratigráfica Geosuelo Puesto Callejón Viejo (*sensu* Fidalgo, 1990), cuya pedogénesis fue sincrónica con la acumulación en los lechos de la Formación Luján, Miembro Río Salado (Fidalgo *et al.*, 1973) del Holoceno temprano a medio.

**Formación La Postrera III: Unidad 8 y Geosuelo Puesto Berrondo: 8PS (tablas 3 y 4; figuras 3 a 7)**

En discontinuidad erosiva sobre el Geosuelo Puesto Callejón Viejo en Santa Rosa (figuras 3 y 4) y en San Jorge II y Maipo sobre el Geosuelo Sin Nombre (figuras 5 a 7), se dispone un depósito eólico de aspecto loésico con algunas características de duna de arcilla, que conserva en su porción cuspidal un paleosuelo truncado, compuesto por los horizontes BCb y Btb (tabla 4 y figuras 4 y 6) y representado como 8PS en las Figuras 3, 5 y 7. El espesor del conjunto alcanza 3,0 m en el eje del montículo de Santa Rosa, 1,50 m en San Jorge II y 1,20 m en Maipo. El sedimento basal está constituido por limos arenosos castaño claros (10YR 6/3) levemente consolidados, con estructura migajosa, frecuente bioturbación en poros y canales, ausencia de minerales epigénicos y sin reacción calcárea. El horizonte BCb del paleosuelo está representado por 0,20 a 0,50 m de un suelo castaño (10YR 5/3) de textura limo-arenosa (suelo franco), estructura en agregados alargados débiles, con apariencia de disyunción columnar. El horizonte Btb posee 0,30 m de espesor en todos los ambientes, constituido por un suelo franco arcilloso castaño (10YR 3/3), de textura fango-arenosa, estructura prismática débil, consistencia dura, escasos barnices, moderadas raíces y límite superior neto. El sedimento basal carece de rasgos pedogénicos y su composición se caracteriza por clastos líticos de pelitas, pellets de arcilla castaño claros sub-redondeados, raros cristales de yeso clástico, rodados de calcretes y de Fe-Mn y minerales volcánoclasticos: cuarzo, plagioclasa, trizas de vidrio volcánico límpido o alterado, feldespato potásico, líticos volcánicos y minerales pesados, que resultan abundantes en el limo grueso. Cabe destacar que la moderada presencia de pellets de arcilla no alcanzó a modificar la textura originaria, tal como sucede en una verdadera duna de arcilla. La mineralogía del paleosuelo es afín al material originario, salvo que carece de pellets de arcilla y yeso. Los bioclastos son escasos y consisten en pequeños restos óseos de aves, silicofitolitos y material redepositado: frústulos de diatomeas, girogonites de carófitas, valvas de ostrácodos, fragmentos de conchillas de gasterópodos indeterminables y de *Heleobia parchappii*. En el paleosuelo solamente aparecen semillas, raíces y silicofitolitos.

Esta unidad litoestratigráfica representa a la Formación La Postrera III del Holoceno medio a tardío (Dangavs, 2005b), producto de la deflación de los sedimentos de la Formación Luján, Miembro Río Salado (Fidalgo *et al.*, 1973), correlacionable con la Formación La Postrera II de Fidalgo (1990), el Cordobense de Castellanos (1918) y Frenguelli (1957), el E1 de Tricart (1973) y el Alomiembro Superior de la Aloformación Saavedra (Rabassa, 1990). Su paleosuelo cuspidal representa al Geosuelo Puesto Berrondo (*sensu* Fidalgo, 1990), cuya pedogénesis fue sincrónica con la etapa de climática húmeda del Holoceno tardío (tabla 3), que acumuló en los lechos la Formación Luján, Miembro Monte del Holoceno tardío (Dangavs & Pierrard, 2013).

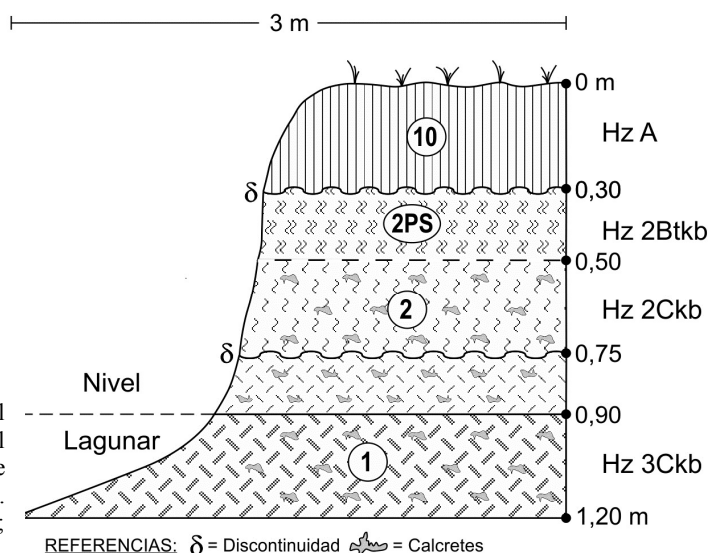


**Figura 7.** Perfil geológico SO-NE de la laguna Maipo, según la sección C-C' de la Figura 2. Detalles: 1: Fm. Ensenada; 2: Fm. Buenos Aires; 2PS: Geosuelo Sin Nombre; 7: Fm. Luján, Miembro Río Salado; 8: Fm. La Postrera III; 8PS: Geosuelo Puesto Berrondo; 9: Fm. Luján, Miembro Monte; 10: Fm. La Postrera IV; 11: Aluvio reciente.

#### **Formación La Postrera IV: Unidad 10 y el suelo actual en desarrollo:** (tablas 3, 4; figuras 3 a 8)

Salvo en los sectores de escarpas más bajas, en el resto del perímetro del complejo la cubierta sedimentaria está representada por un depósito eólico mantiforme de aspecto loésico, donde se desarrollan los suelos actuales de perfil corto. Este depósito se dispone en discontinuidad erosiva sobre las unidades infrayacentes y generalmente está representado por un horizonte A de 0,30 a 0,45 m de potencia (Hz A en figuras 4, 6 y 8 y con el número 10 en las figuras 3, 5 y 7), excepto cuando incrementa su espesor, donde el perfil es A/AC de hasta 0,65 m. Ambos horizontes se componen de limos arenosos (suelo franco limoso), el A es castaño grisáceo muy oscuro en seco (10YR 3/1) y el AC castaño grisáceo oscuro (10YR 4/2). El horizonte A es homogéneo, con estructura granular a bloques subangulares pequeños, débiles, con muy abundante materia orgánica, bioturbación de raíces y sin reacción calcárea. El AC es friable, con estructura migajosa, menor contenido de materia orgánica y abundante bioturbación de raíces. La composición de la arena muy gruesa y gruesa se caracteriza por la presencia de bioclastos y restos culturales. En la arena mediana a limo grueso, excepto por la presencia de óxidos de hierro, la composición restante es esencialmente volcanoclástica, con abundantes minerales pesados en el limo grueso. Los bioclastos son escasos y corresponden a mudas de insectos, huesos de aves, fragmentos de conchillas indeterminables redepositadas, semillas y silicofitolitos; en cambio, los restos culturales son abundantes y provienen de residuos de fogones (tierra cocida, material carbonoso, escorias) y tuestos de cerámica.

Este depósito se acumuló en la última etapa seca en la región, representada por la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío-tardío (Dangavs, 2005b), correlacionable con la Formación La Postrera III de Fidalgo (1990) y la Aloformación Matadero Saldungaray (Rabassa, 1990). Bidart (1996) pone en duda la existencia de dicha alonunidad, por lo menos en el ámbito de las divisorias de la cuenca del río Sauce Grande, asignando dichos depósitos a la Formación Saavedra de Rabassa (1989). Cabe destacar que esta unidad se halla también en el relleno lagunar, cubierta por el del Aluvio reciente.



**Figura 8.** Perfil geológico de una escarpa baja del complejo, con las unidades estratigráficas y el horizonte del paleosuelo (indicado con línea de trazos), según la nomenclatura pedológica. Detalles: 1: Fm. Ensenada; 2: Fm. Buenos Aires; 2PS: Geosuelo Sin Nombre; 10: Fm La Postrera IV.

**Aluvio reciente: Unidad 11** (tablas 3 y 4; no representada en los perfiles como depósito aflorante)

La unidad superficial de menor edad corresponde a depósitos de crecientes, situados en las escarpas más bajas y taludes y sin mayor desarrollo lateral. El espesor de estos sedimentos es mínimo (hasta 0,12 m), conformado por arenas limosas unimodales castaño grisáceas (10YR 6/2) de pobre selección, que se entremezclan con fangos lagunares, calcretes rodados y materiales culturales. Estos depósitos representan al Aluvio reciente, cuyo mayor desarrollo areal y volumétrico constituye la cubierta de los sedimentos de relleno de los lechos lagunares, donde serán descriptos.

**Tabla 4:** Sedimentos aflorantes: Valores medios de parámetros texturales y estadísticos.

A	L	Ac	Tex	Mo	Mz	$\sigma_i$	$S_K$	$K_G$	Unidades estratigráficas
73	21	6	AL	4	3,80	1,03	0,55	3,85	U11 Aluvio reciente
52	40	8	AL	4	4,22	1,31	0,63	3,50	U11 Aluvio reciente
22	59	19	LA	5;11	5,80	2,35	0,64	1,11	U10 F. La Postrera IV; Hz A
27	59	14	LA	5;11	5,37	2,04	0,65	1,20	U10 F. La Postrera IV; Hz AC
24	40	36	FA	11;5;8	6,87	3,48	0,64	0,63	8PS-GS Pto Berrondo; Hz 2Btb
29	49	22	LA	5;11	5,91	2,78	0,73	1,13	8PS-GS Pto Berrondo; Hz 2BCb
32	57	11	LA	5;11	5,22	1,84	0,63	1,11	U8 F. La Postrera III
16	44	40	FA	11;5;7	7,96	3,02	0,25	0,67	6PS-GS Pto C.V.; Hz 3Btkb
28	50	22	LA	5;7;11	5,75	2,39	0,60	0,89	6PS-GS Pto C.V.; Hz 3BCkb
35	54	9	SLA	4;11	5,19	2,14	0,55	1,14	U6 F. La Postrera II, Yc
37	57	6	SLA	5;9	4,35	1,10	0,48	2,26	U6 F. La Postrera II, Yc
17	38	45	FA	11;5;8	7,70	3,47	0,28	0,60	2PS-GS Sin Nombre; Hz 4Btkb
24	49	27	FA	5;11;8	6,38	3,04	0,52	0,78	2PS-GS Sin Nombre; Hz 4BCkb
32	55	13	LA	5;11	5,21	2,04	0,61	1,27	U2 F. Buenos Aires
39	54	7	LA	4;11	4,58	1,45	0,55	1,67	U1 F. Ensenada

Referencias: A: arena %; L: limo %; Ac: arcilla %; Tex: textura; Mo: modas; AL: arena limosa; LA: limo arenoso; SLA: seudo limo arenoso; FA: fango arenoso; Mz: media gráfica;  $\sigma_i$ : desvío;  $S_K$ : asimetría;  $K_G$ : curtosis; F.: Formación; GS: Geosuelo; Pto: puesto; C.V.: Callejón Viejo; Yc: yeso clástico; Hz: horizonte de suelos y paleosuelos.

## Paleolimnología

### Generalidad de los depósitos de relleno lagunar

Sobre los pisos de las cubetas del complejo, se han reconocido mediante perforaciones una secuencia de depósitos de relleno, que alcanzan los siguientes espesores: 4,90 m en el sector central de Santa Rosa, 2,30 m en el eje del antiguo umbral topográfico que separaba Santa Rosa de San Jorge, 4,20 m en ambos bordes del mismo y 4,80 m en el sector central de San Jorge II, 1,95 m en San Jorge III, 1,10 m en San Jorge I y 1,80 m en Maipo (cf. figura 9). Esta columna estratigráfica está integrada por las acumulaciones del ambiente actual, tres depósitos eólicos intracuencales y cuatro paleoambientes acuáticos, cuyo conjunto abarca ocho unidades litoestratigráficas separadas por discontinuidades erosivas, en parte inferidas, las que serán descriptas de abajo hacia arriba (tablas 3, 5 y figuras 3, 5, 7 y 9). Todas estas unidades se hallan solamente en el extremo sur de Santa Rosa y el occidental de San Jorge II, en el sitio del antiguo umbral topográfico que separaba ambas lagunas (figuras 5 y 9); en cambio, en el sector centro-norte de Santa Rosa se reconocen siete unidades, seis en el resto de San Jorge II, cuatro en San Jorge III y Maipo, y solamente tres en San Jorge I (cf. figura 9).

Los depósitos eólicos se acumularon durante las etapas climáticas más secas y los límnicos en las más húmedas, mediante aportes intra y extracuencales. Los extracuencales provienen del escurrimiento superficial y de los polvos atmosféricos; los intracuencales del material clástico aportado por la acción erosiva del oleaje sobre las márgenes, mezclado con detritos orgánicos y polvos atmosféricos que elevan el fondo, facilitando el arraigue de la vegetación acuática. Salvo el espesor de los sedimentos del ambiente actual, es probable que los depósitos de los paleoambientes acuáticos sean relictuales, reducidos por la acción deflacionaria en las etapas secas y los eólicos inferiores depositados sobre el antiguo umbral topográfico y erosionados durante las etapas húmedas subsiguientes.

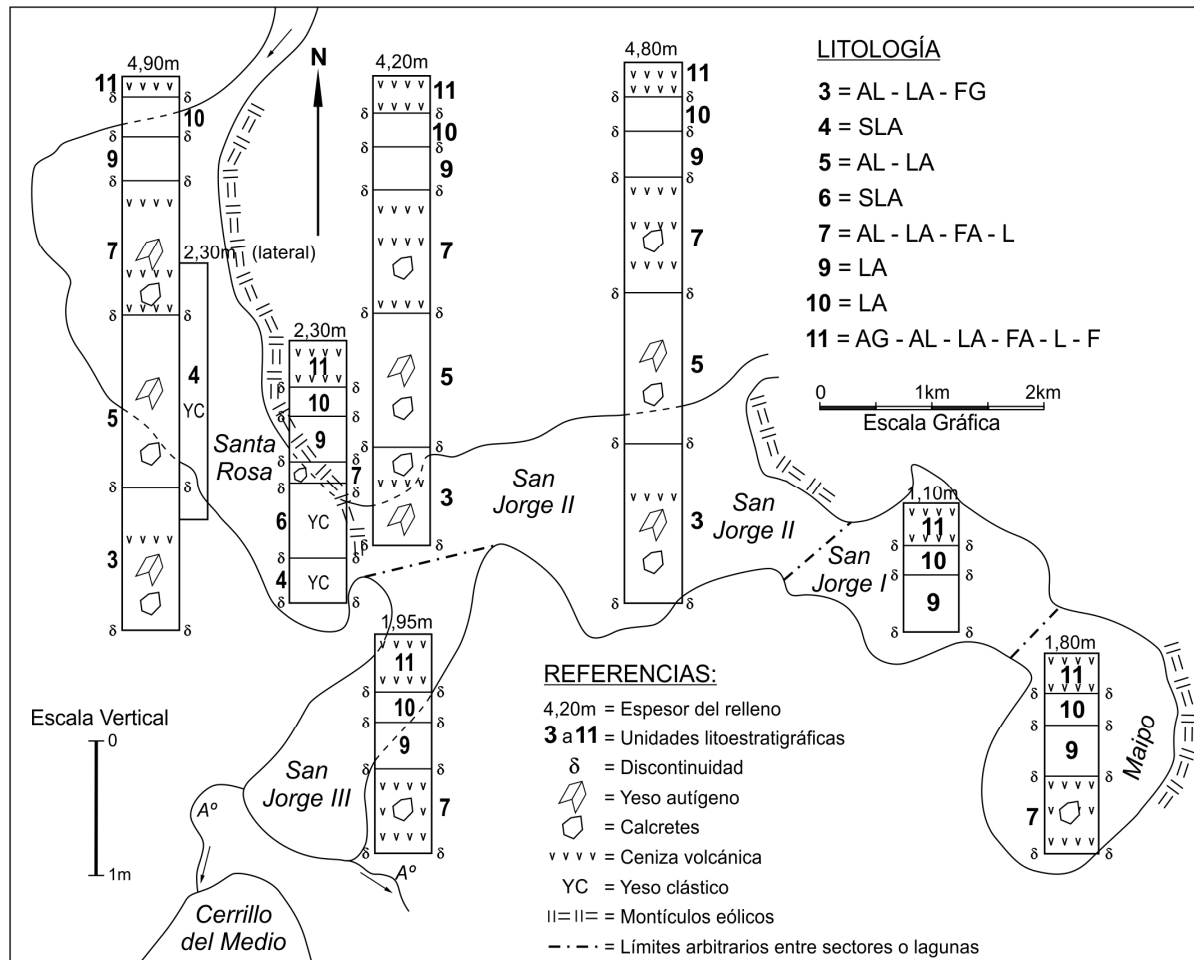
Los sedimentos de los paleo/ambientes acuáticos se caracterizan por diferentes tipos texturales, distribuidos en los lechos en función de la energía del medio, la posición en el ambiente y en menor grado de la profundidad. La distribución textural se asemeja a las observadas en los lagos típicos (Sly, 1978), aunque no tan marcada como en aquellos. Del análisis de las texturas y su distribución se han podido establecer dos subfacies depositacionales: marginal y central. La subfacies marginal se caracteriza por menores profundidades, mayor energía, movilización de clastos por saltación a suspensiva turbulenta y acumulación de los sedimentos más gruesos: arenas gravosas, arenas limosas y limos arenosos, que se diferencian en gruesos y finos en base al contenido de arena. Esta subfacies reúne a los depósitos de playa, los costeros proximales y también es posible encontrar sedimentos finos en las antiguas áreas de juncales, debido al efecto de trampa para el material suspensivo. La subfacies central posee profundidades algo mayores, menor energía y movilización mayormente suspensiva, determinando la acumulación de sedimentos pelíticos: fangos arenosos, limos y fangos, donde los más gruesos se disponen en el sector externo de la subfacies y viceversa. Incluso esta gradación se establece con sedimentos de la misma clase textural, en base al mayor o menor contenido de arena. En algunos casos esta gradación no se establece, reconociéndose en la subfacies solamente uno o dos tipos texturales. En cambio, los depósitos eólicos intracuencales no responden a dicho esquema, dado que los inferiores constituyen dunas de arcilla mono-texturales y el superior un sedimento loésico.

Asimismo, cabe destacar la presencia de abundante yeso intrasedimentario en las dos unidades paleolímnicas inferiores de Santa Rosa, no así en San Jorge II, donde constituye un remanente erosivo, afectado por la corrosión cristalina a largo plazo. Este proceso se denomina reciclaje posdeposicional, donde el ingreso de aguas superficiales o freáticas con muy escaso contenido salino redissuelve la sal previamente depositada (cf. Smoot & Lowenstein, 1991). También se halla escaso yeso autógeno en la tercera unidad paleolímica y yeso clástico en las dos unidades eólicas inferiores. Los colores de cada

unidad están referidos a muestras secas y las características texturales y parámetros estadísticos están representados en la tabla 5.

La composición granulométrica general de las fracciones grava fina a limo grueso de todas las unidades, está determinada en los tamaños mayores (8 a 1 mm) por bioclastos, líticos de pelitas, concreciones calcáreas autógenas o rodadas, abundante a escaso yeso autógeno en tres unidades paleolímnicas y escaso yeso clástico en los dos niveles eólicos inferiores. En la arena gruesa se añaden cementos calcáreos y de óxidos de Fe, Fe-Mn, y pellets de arcilla castaño claros, verdosos y blanquecinos, los que se encuentran en las cinco unidades inferiores (tres paleolímnicas y dos eólicas).

En la arena mediana se suman a los anteriores los minerales volcánoclasticos, que incrementan en la arena fina, donde abunda el vidrio volcánico, que pasa a ser dominante en los niveles cineríticos.



**Figura 9:** Columnas estratigráficas de las unidades colmatantes de las lagunas del complejo, sus espesores y las trazas de los montículos eólicos en cada laguna. Los detalles litológicos están indicados en las referencias de la tabla 5. Referencias estratigráficas: 3: Fm. Luján, Miembro La Chumbiada; 4: Fm. La Postrera I; 5: Fm. Luján, Miembro Lobos; 6: Fm. La Postrera II; 7: Fm. Luján, Miembro Río Salado; 9: Fm. Luján, Miembro Monte; 10: Fm. La Postrera IV; 11: Aluvio reciente.

Frecuentemente la fracción arena muy fina es modal y de composición mayormente volcánoclastica, en el siguiente orden de abundancia: vidrio volcánico en trizas angulares, plano, pumíceo o en panal de abejas, incoloro, a veces de color caramelo, límpido, relleno en los canales o alterado en una masa arcillosa blanquecina (alterita), plagioclasa tabular redondeada, límpida, cuarzo redondeado, incoloro, límpido, con nubes, lechoso o recubierto por pátinas rojizas, feldespato potásico amarillento, rojizo o anaranjado, líticos volcánicos opacos, rojos y grises y minerales pesados. En el limo grueso se repite la composición de la arena muy fina, con notable aumento de los minerales pesados, donde predomina la magnetita, acompañada por muscovita, biotita alterada, clorita, hematita,

hornblenda, lamprobolita, augita prismática, epidoto, líticos volcánicos y minerales accesorios. En el limo grueso generalmente el mineral pesado dominante es la magnetita. Cabe destacar que el contenido de yeso y pellets de arcilla en dos de los paleoambientes inferiores modificó las texturas a más gruesas, las que recalculadas sin yeso (R en la tabla 5) nos aproximan tentativamente a las texturas originarias. En cambio, la presencia de pellets y escaso yeso en otras tres unidades (dos eólicas y una paleolímpnica) no alcanzó a modificar las texturas originarias.

Los bioclastos corresponden principalmente a organismos de agua dulce y en general son análogos a los de las lagunas actuales del complejo, representados por raíces, tejidos, semillas, fitolitos, girogonites, láminas y tubos calcáreos de carófitas, frústulos de diatomeas, fragmentos óseos de pequeños mamíferos, aves y anfibios, dientes, espinas y vértebras de peces, valvas de ostrácodos, espículas de espongiarios y conchillas de gasterópodos: *Heleobia parchappii*, *Biomphalaria peregrina*, *B. tenagophila*, *Succinea meridionalis*, *Lymnea viatrix*, *Pomacea canaliculata* y *Ancylus sp.* En la primera y segunda unidad paleolímpnica también aparecen conchillas de gasterópodos y foraminíferos de linaje marino, las que también se hallan en las dos unidades eólicas inferiores como material redepositado. Las diferencias litológicas, mineralógicas y biológicas de cada unidad respecto a la generalidad serán consideradas en cada caso particular. Por último, cabe destacar que la numeración de las unidades corresponde a las que aparecen en las tablas y figuras.

#### **Fm. Luján, Miembro La Chumbiada: Unidad 3** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5 y 9)

Sobre el lecho de la Formación Ensenada se asientan 1,30 m de sedimentos límpnicos en Santa Rosa y 1,40 m en San Jorge II, los que conforman el primer depósito de relleno del complejo, constituidos por sedimentos clásticos, yeso autógeno, carbonatos clásticos y autógenos, lentes de ceniza volcánica, minerales volcaniclásticos, etc. Las texturas de estos materiales consisten en arenas limosas y limos arenosos que se entremezclan con fangos gravosos sin yeso. Las arenas limosas y los limos arenosos son de color castaño muy pálido (10YR 7/3) a gris rosado (7,5YR 6/2). Las arenas limosas son friables a sueltas, los limos arenosos friables a levemente consolidados, macizos y homogéneos o estratificados en láminas y capitas de hasta 1 cm. Los fangos gravosos son castaño grisáceos oscuros (10YR 4/4), macizos o con estructura caótica y levemente consolidados, cuya fracción gravilla no supera los 8 mm, compuesta por rodados de calcretes y limolitas de composición semejante a la matriz, provenientes de la erosión del piso "Ensenadense". Al descartar el yeso, la fracción clástica de la parte superior y media en ambas lagunas se compone de limos arenosos gruesos y finos y la sección basal de fangos gravosos. Los limos arenosos más gruesos se disponen en el sector externo (subfacies marginal) y los más finos en el interno del paleoambiente (subfacies central). El mayor espesor de los fangos gravosos se encuentra en los bordes del umbral topográfico del sitio primitivo de separación entre ambas lagunas (figura 5). La composición se caracteriza en la grava fina a arena mediana por yeso, calcretes, concreciones de Fe y Fe-Mn, pellets de arcilla castaño claros, cementos carbonáticos, de Fe-Mn y MnO que recubren minerales y bioclastos. El yeso es abundante a dominante hasta la arena fina en Santa Rosa y escaso en San Jorge II, donde, sin embargo, en proximidades de la costa NE, en el tamaño arena mediana y fina se han podido identificar algunos cristales de baritina, celestina y anhidrita. Asimismo, en el tercio superior de la unidad aparece un nivel piroclástico tobáceo/chonítico gris claro (2,5Y 7/1) de 0,06 m de espesor, textura limo-arenosa y distribución granulométrica polimodal (6, 4 y 11 $\phi$ ). A partir de la arena fina la composición se caracteriza por la mineralogía volcaniclástica que responde a la generalidad, acompañada por cristales de yeso, concreciones calcáreas y pellets de arcilla. Los bioclastos consisten en fragmentos no identificables de huesos fósiles de los grandes mamíferos de la Pampa, osteodermos del caparazón de *Glyptodon sp* y restos de organismos dulciacuícolas que responden a la generalidad de los ambientes actuales, salvo por la presencia de conchillas del gasterópodo *Heleobia ameghini* (especie dulciacuícola extinguida) y de especies eurihalinas de linaje marino: conchillas de *Heleobia australis* y cónchulas de los

foraminíferos reconocidas con *nomenclatura aperta*: *Ammonia beccari parkinsoniana*, *Elphidium discoidale* y *Discorbis sp.* Respecto a dichos restos se comparte el criterio de Cann & De Deckker (1981), quienes asignaron origen atalásico a este tipo de poblaciones, introducidas en lagos salados continentales por aves marinas, donde la supervivencia y/o la reproducción fueron posibles. Asimismo, cabe destacar que la presencia de poblaciones de microfósiles de abolengo marino en sabkhas o lagos salinos interiores es conocida en varios continentes (Cann & De Deckker, 1981; González & Musacchio, 1981; Anadón, 1989, etc.).

Salvo el sector basal del paleoambiente, típicamente palustre, el resto del depósito es de carácter fluvio-lacustre dulciacuícola. La presencia de yeso y pellets de arcilla indica que en sus postrimerías el paleoambiente se transformó en un sabkha, playa y/o lago salado, relacionado con la etapa seca posterior, en cuyo transcurso se produjo la salinización y la pelletización por efecto salino (Tricart, 1954b, 1969; Dangavs, 1979; Goudie & Wells, 1995) de los sedimentos superiores, precipitación intrasedimentaria de yeso y otras sales, presencia de elementos faunísticos de linaje marino y posterior deflación de su cubierta (por erosión halo-eólica, *sensu* Tricart, 1954 a y b), dando lugar a la acumulación del depósito eólico suprayacente a expensas de estos materiales.

Esta unidad representa a la Formación Luján, Miembro La Chumbiada del Pleistoceno tardío (Dillon & Rabassa, 1985), correlacionable con el Piso Lujanense de Ameghino (1889), el Lujanense de Frenguelli (1957), la parte inferior del Miembro Guerrero de la Luján (Fidalgo *et al.*, 1973) y la Secuencia Depositional Luján Rojo de Toledo (2011).

#### **Fm. La Postrera I: Unidad 4** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5 y 9)

En la base no aflorante del montículo de la costa oriental de Santa Rosa, en discontinuidad erosiva sobre la Formación Luján, Miembro La Chumbiada y lateralmente en discordancia angular con la Formación Ensenada se halla el primer depósito eólico intracuencial del complejo, acumulado en duna de arcilla (lunette o lúnula). Esta lúnula, de rumbo NNO-SSE, posee una longitud aproximada de 4 km, de los cuales 3 km se apoyan en el borde costero actual, con más de 400 m de ancho y un espesor máximo de 2,40 m en su zona media, la que disminuye tanto hacia el noroeste como al sudeste. Hacia el noroeste desaparece bruscamente, siendo reemplazado por unidades eólicas aflorantes de menor edad; en cambio, hacia el sudeste el montículo se separa del borde costero actual en proximidades del sitio de cota 19,7 m en figura 2 y se continúa con un leve arco por el lecho lagunar hasta el extremo suroeste actual de Santa Rosa. Este sector subácueo de 930 m de largo y más de 500 m de ancho está formado hasta la cota de 14,8 m por sedimentitas de la Formación Ensenada, las cuales forman la base del primitivo umbral topográfico que separaba Santa Rosa de San Jorge, sobre el cual se apoyan dos depósitos eólicos de dunas de arcilla muy erosionados (figura 5). El inferior de 0,40 m de espesor y el superior de 0,60 m, cubierto por depósitos paleolímpnicos. El inferior corresponde a la unidad aquí considerada. Esta unidad eólica castaña muy clara (10YR 7/3) a gris rosada (7,7YR 6/2) es de apariencia loésica y textura pseudo limo-arenosa, maciza, friable a levemente consolidada, a veces diamictica, con abundante bioturbación en poros, huecos y rizo-concreciones. Está constituida principalmente por pellets de arcilla, cuya presencia incrementa el contenido de arena y limo y disminuye el de la arcilla; la conclusión al respecto es que la textura originaria del sedimento podría corresponder a limos y/o fangos (Esta peculiaridad de los pellets de arcilla fue explicada al tratar la Formación La Postrera II en el acápite de Geología superficial). Asimismo, estos sedimentos son algo más gruesos en el sector noroeste de la luneta que en el extremo sudeste (1, 2 y 3 en la Tabla 5), quizás esta característica textural se relacione con la presencia de yeso, cuyo contenido disminuye de noroeste a sudeste de 15 a 6%. La composición de la fracción arena muy gruesa a mediana se caracteriza por pellets de arcilla redondeados, diamictos de líticos de pelitas irregulares, carbonato de calcio clástico en muñecos, rizoconcreciones, nódulos puros o con núcleos negros de óxido de Mn y como cemento, sales blancas no identificadas, yeso clástico, en parte corroído, óxidos de Fe y de Fe-



Mn. En la arena fina a limo grueso continúa la composición anterior, acompañada por minerales volcanoclásticos redondeados: plagioclasa, cuarzo, trizas de vidrio volcánico en su mayoría alterado, feldespatos potásico amarillento, calcedonia y minerales pesados. Los bioclastos son escasos, representados por pequeños restos óseos de animales terrestres, restos vegetales carbonosos, fitolitos y organismos acuáticos redepositados: girogonites de carófitas, valvas de ostrácodos, fragmentos de conchillas de gasterópodos gastadas y de *Heleobia parchappii*, *H. ameghini*, *Biomphalaria sp* y muy raras cónculas del foraminífero *Ammonia*.

Esta unidad eólica se correlaciona con Formación La Postrera I del Pleistoceno tardío (Dangavs, 2005b) y tentativamente, en un esquema regional más amplio, con el Alomiembro Inferior de la Aloformación Saavedra (Rabassa, 1990). La misma se originó por deflación de la primera unidad paleolímica Formación Luján, Miembro La Chumbiada del Pleistoceno tardío.

#### **Fm. Luján, Miembro Lobos: Unidad 5** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5 y 9)

Suprayacen a las unidades anteriores un depósito límnic de 1,40 m de espesor en Santa Rosa y 1,30 m en San Jorge II, constituido por sedimentos gris claros (5Y 7/2) a gris oliva claros (5Y 6/2) y de aspecto verdoso, friables en húmedo y duros a muy duros en seco, macizos a estratificados en láminas muy delgadas, sin señales de bioturbación. En Santa Rosa el yeso es abundante en todas las fracciones más gruesas del sedimento, sin signos de corrosión, cuyo contenido puede alcanzar en el tamaño arena 65 %, salvo en la muy fina, donde decrece abruptamente a <10 %. En San Jorge II el yeso es escaso, eliminado por la corrosión cristalina. Las texturas en las muestras con yeso son arenolimosas a limo-arenosas y en ausencia de yeso limos arenosos gruesos y fangos arenosos, donde los limos arenosos representan la subfacies marginal y los fangos arenosos la central (tabla 5). La composición en ausencia de yeso, se caracteriza en la fracción arena muy gruesa a mediana por bioclastos, carbonatos autógenos, óxidos de Fe y cementos de estos materiales. En la arena mediana aparecen pellets de arcilla verdosos y cuarzo. En la arena fina a limo grueso la composición está determinada por pellets de arcilla, abundante vidrio volcánico en trizas límpidas, relleno con arcilla o alterado en una masa arcillosa blanquecina. La composición restante es volcanoclástica, que responde a la generalidad. Los bioclastos son abundantes, representados por fragmentos óseos de mamíferos y de organismos dulciacuícolas y de linaje marino. Los dulciacuícolas responden a la generalidad de los ambientes actuales, salvo por la presencia conchillas del gasterópodo *Heleobia ameghini* y los segundos por conchillas del gasterópodo *Heleobia australis* y cónculas de foraminíferos semejantes a los hallados en los depósitos de la Formación Luján, Miembro La Chumbiada. el primer reconocidas con *nomenclatura aperta*: *Ammonia beccari parkinsoniana*, *Elphidium discoideale* y *Discorbis sp*. Este depósito representa un paleoambiente dulciacuícola, que en sus postrimerías se transformó en un sabkha y/o lago salado con precipitación de carbonatos, yeso y presencia de elementos faunísticos eurihalinos de linaje marino de origen atalásico.

Esta unidad representa a la Formación Luján, Miembro Lobos del Pleistoceno tardío-tardío (Dangavs & Blasi, 2003), correlacionable con la parte superior del Piso Lujanense de Ameghino (1889), el Lujanense de Frenguelli (1957), la sección cuspidal de la Formación Luján de Fidalgo *et al.* (1973) y la Secuencia Deposicional Luján Verde Superior de Toledo (2011).

#### **Fm. La Postrera II: Unidad 6** (tablas 3 y 5; figuras 5 y 9; aflorante en figura 3)

En el borde oriental de la cubeta de Santa Rosa y en su extremo SE, en discontinuidad erosiva se superpone a la Formación La Postrera I otra duna de arcilla, constituida por pseudo limos arenosos grises claros (2,5Y 7/2), macizos, friables a levemente consolidados, que contienen abundantes pellets de arcilla tamaño arena a limo grueso, carbonatos, yeso clástico corroído, minerales volcanoclásticos y motas de ceniza volcánica. La duna de arcilla del borde oriental de 2,80 m de espesor, a pesar de ser un depósito intracuencal, el 43 % del mismo aflora sobre el nivel lagunar, de ahí que no fue

considerado en este acápite; en cambio, el depósito situado en el extremo SE de la laguna, en el límite con la laguna San Jorge, constituye un remanente erosivo situado en un alto topográfico del lecho lagunar que no supera 0,60 m de espesor, el que es cubierto a su vez por depósitos paleolímnicos más recientes.

Estos sedimentos provienen de la deflación de la Formación Luján, Miembro Lobos y su acumulación *in situ* en el lecho lagunar ocurrió durante una prolongada etapa de aridez del Pleistoceno tardío-tardío al Holoceno temprano. Este depósito, que se asigna a la Formación La Postrera II (Dangavs, 2005b) fue descrito *in extenso* en el acápite de la Geología Superficial.

#### **Fm. Luján, Miembro Río Salado: Unidad 7** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5, 7 y 9)

Salvo en San Jorge I, en los demás lechos de los ambientes del complejo, en discontinuidad erosiva sobre el Miembro Lobos en Santa Rosa y San Jorge II y sobre el lecho primitivo en San Jorge III y Maipo se dispone un depósito esencialmente pelítico de colores claros: gris claro (10YR 7/1 y 7/2), con muy abundantes bioclastos, carbonato de calcio, niveles cineríticos y escasos pellets de arcilla y yeso. Tanto los carbonatos como el yeso son autógenos, los carbonatos se hallan en todos estos ambientes, mientras que el yeso se encuentra solamente en Santa Rosa, ocupando la porción media a superior del sector central del paleoambiente. Los espesores de la unidad son de 1,30 m en Santa Rosa, 1,10 m en San Jorge II, 0,73 m en San Jorge III y 0,75 m en Maipo. Estos sedimentos son homogéneos, macizos, en parte laminados, friables a levemente consolidados, muy porosos y livianos debido a la bioturbación, también margosos o fuertemente consolidados en los sectores con delgadas costras calcáreas. Se han reconocido en la unidad cuatro tipos texturales: arenas limosas, limos arenosos, fangos arenosos y limos, distribuidos en ambas subfacies deposicionales. La subfacies marginal se caracteriza por arenas limosas y limos arenosos gruesos y finos en Santa Rosa, San Jorge II y Maipo. En los limos arenosos la proporción de la fracción arena varía entre 32 y 18 %. Los gruesos se asocian genéticamente a las arenas limosas y se distribuyen en la periferia interior de las arenas limosas y los finos rodean la subfacies central. Se destaca que San Jorge III se caracteriza solamente por limos arenosos gruesos y finos. La subfacies central está representada por fangos arenosos y limos en Santa Rosa y San Jorge II; en cambio, Maipo solamente por fangos arenosos gruesos con 25% de arena, mientras que en el resto del complejo esta textura es más fina con 13% de arena. La composición mineral de la fracción arena muy gruesa a limo grueso está dominada por carbonatos, el que se halla como matriz micrítica, en concreciones nodulares y muñecos, cementos o pulverulento que recubre o engloba minerales, líticos de pelitas y bioclastos y en costras calcáreas. Además contiene concreciones de Fe-Mn, pellets de arcilla blanquecinos, tamaño arena gruesa a fina, que se encuentran solamente en la porción cuspidal de la unidad, cristales de yeso hemipiramidales y discoidales y hasta tres niveles de ceniza volcánica tobácea/chonítica, destacándose el nivel inferior, el que en la base de la unidad en San Jorge III y Maipo forma una masa blanquecina de vidrio volcánico alterado de 0,10 m de espesor. Exceptuando los carbonatos, a partir de la arena fina abundan los minerales volcanoclásticos que responden a la generalidad, salvo en los niveles cineríticos, donde el vidrio volcánico es dominante. Los bioclastos son extremadamente abundantes y análogos a los del ambiente actual que responden a la generalidad, salvo por la presencia de abundantes frústulos de diatomeas, tubos calcáreos mamelonares de origen biogénico y de conchillas del gasterópodo *Scolodonta semperi*. Cabe señalar que gran parte de las conchillas y los girogonites de carófitas han sido englobados o están recubiertos por carbonatos; también es notorio que en algunas muestras de Santa Rosa las valvas de ostrácodos son muy abundantes en la arena fina.

Esta unidad se asigna a la Formación Luján, Miembro Río Salado (Fidalgo *et al.*, 1973) del Holoceno temprano a medio. La misma representa a un paleoambiente lacustre, el que en sus postrimerías se transformó en un ambiente palustre carbonático, tipo sabkha, esencialmente margoso, cuyos depósitos se correlacionan con el Platense de Doering (1884), el Piso Platense de Ameghino

(1889), el Platense fluvial de Frenguelli (1945) y la Secuencia La Plata, Miembro Molino Quemado de Toledo (2011).

**Fm. Luján, Miembro Monte: Unidad 9** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5, 7 y 9)

En San Jorge I sobre el lecho primitivo “Ensenadense” y en el resto del complejo sobre el Miembro Río Salado se dispone un depósito paleolímico de hasta 0,51 m de espesor, constituido por sedimentos grises (10YR 5/1) a castaños grisáceos (2,5Y 5/2), macizos, levemente consolidados en húmedo y duros en seco, con abundante bioturbación de poros y escasas raíces. Este depósito está representado en cada ambiente del complejo por dos a tres tipos texturales: limos arenosos gruesos, finos y fangos arenosos. Los limos arenosos representan la subfacies marginal y los fangos arenosos la central. En Santa Rosa, San Jorge III y Maipo se hallan solamente limos arenosos gruesos y finos; en cambio, San Jorge II se caracteriza por limos arenosos gruesos, finos y fangos arenosos y San Jorge I por limos arenosos finos y fangos arenosos. La composición de la arena muy gruesa a mediana consiste en calcretes rodados y bioclastos. En la arena fina persisten los bioclastos, con una población subordinada de trizas y burbujas de vidrio volcánico fresco a alterado y abundante plagioclasa. En la arena muy fina y limo grueso predomina la asociación volcanoclástica, que responde a la generalidad. Los bioclastos son abundantes y corresponden a restos de organismos dulciacuícolas, mayormente análogos a los del ambiente lagunar actual, salvo por la presencia de girogonites de carófitas y tubos calcáreos de estas algas, los que no se hallan en el Aluvio reciente.

Este depósito constituye la unidad estratigráfica holocena más reciente del registro paleolímico, presente no solo en los lechos de todas las lagunas del sistema de las Encadenadas de Monte, sino también en toda la cuenca del río Salado, la que se asigna a la Formación Luján, Miembro Monte del Holoceno tardío (Dangavs & Pierrard, 2013), correlacionable con el Piso Aimarano de Doering (1884), el Piso Aimará de Ameghino (1889) y la Secuencia Areco de Toledo (2011).

**Fm. La Postrera IV: Unidad 10** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5, 7 y 9)

En todos los ambientes del complejo, en discontinuidad erosiva sobre el Miembro Monte y debajo de la cubierta aluvial reciente se asienta un depósito eólico de aspecto loésico de 0,30 m de espesor. Estos sedimentos consisten en limos arenosos castaño grisáceos oscuros (10YR 4/2), de consistencia friable a levemente consolidada, estructura en bloques subangulares, abundante bioturbación por raíces, materia orgánica y arcilla iluviada del depósito superior. La composición de la arena mediana consiste en líticos de pelitas, calcretes rodados, óxidos de Fe, cuarzo y plagioclasa. La arena fina a limo grueso es esencialmente volcanoclástica y los bioclastos son muy escasos, representados por fragmentos óseos de pequeños animales, raíces, semillas, fitolitos y restos de organismos acuáticos removidos de los depósitos infra o suprayacentes. Estos sedimentos representan la última etapa seca en la región, durante la cual se desecaron las lagunas y en forma sincrónica se acumularon en los lechos y en superficie los limos eólicos de amplia distribución regional, en cuyo seno se desarrollan los suelos actuales. Esta unidad se asigna a la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío-tardío (Dangavs, 2005b), correlacionable con la Formación La Postrera III de Fidalgo (1990).

**Aluvio reciente: Unidad 11** (tablas 3 y 5; figuras 3, 5, 7 y 9)

Los sedimentos más recientes del complejo están representados en cada laguna por depósitos de variadas texturas y espesores. En Santa Rosa 0,20 a 0,48 m, en San Jorge I hasta 0,34 m, en el II 0,30 a 0,40 m, en el III hasta 0,45 m y en Maipo hasta 0,35 m de espesor. Estos sedimentos poseen colores oscuros, abundante materia orgánica, restos animales y vegetales, delgadas lentes piroclásticas y sedimentos clásticos que decrecen en tamaño hacia el interior de cada ambiente. Los mayores espesores se pueden hallar en las periferias lagunares, también en los sitios con cambios de las condiciones de circulación y por el efecto de “peine” entre las barreras de vegetación acuática. El

depósito se caracteriza por dos secciones contrastantes: superior e inferior; la sección superior se halla en cada lecho, principalmente hacia las zonas centrales y consiste en un suspensoide tixotrópico, gelatinoso oliva claro (10Y 5/4), constituido por materia orgánica, geles bacterianos y más de 70 % de coloides, en su gran mayoría < 0,5  $\mu\text{m}$ . El espesor de esta masa subácuca semi-flotante, ondulante y poco consistente es incierto; en algunos sitios puede alcanzar entre 0,20-0,30 m, la que al secarse colapsa y pasa a formar parte de la sección inferior, reducida drásticamente a una capita insignificante. Cabe destacar que en la valoración del espesor de la unidad, el suspensoide no ha sido considerado.

La sección inferior está conformada por sedimentos clásticos, abundantes bioclastos y dos lentes de ceniza volcánica chonítica a 0,12 y 0,44 m de profundidad, que podrían corresponder a las erupciones volcánicas cordilleranas de 1932 (Schiller, 1934) y 1749 o 1750 (Lehmann-Nitsche, 1927), respectivamente. Los tipos texturales reconocidos son siete: arenas gravosas, arenas limosas, limos arenosos gruesos y finos, fangos arenosos, limos y fangos, todos los cuales, en función de su posición en los ambientes pueden ser asimilados a dos subfacies depositacionales: marginal y central. Las lagunas Santa Rosa, San Jorge II y Maipo poseen todas las texturas consideradas; San Jorge I y III tres tipos texturales (limos arenosos gruesos, finos y fangos arenosos).

**Tabla 5.** Sedimentos colmatantes; valores medios de parámetros texturales y estadísticos

A	L	Ac	Tex	Mo	Mz	$\sigma_i$	$S_K$	$K_G$	Unidades estratigráficas
G32	A55	P13	AG	4; -3	1,05	2,97	0,14	0,56	U11. Aluvio reciente, SbM
74	22	4	AL	4	3,70	0,51	0,24	1,86	U11. Aluvio reciente, SbM
46	44	10	LAg	4;11	4,54	1,54	0,69	2,47	U11. Aluvio reciente, SbM
18	60	22	LAF	5;7;11	6,22	2,73	0,56	1,11	U11. Aluvio reciente, SbM
15	52	33	FA	5;11;7	7,03	3,12	0,44	0,81	U11. Aluvio reciente, SbC
9	60	31	L	7;5;11	7,12	2,88	0,35	1,01	U11. Aluvio reciente, SbC
4	50	46	F	11;6;8	8,17	3,13	0,25	0,72	U11. Aluvio reciente, SbC
31	56	13	LA	5;11	5,23	2,06	0,67	1,19	U10. F. La Postrera IV
38	52	10	LAg	4;11	4,87	1,75	0,61	1,40	U9. M Monte, SbM
24	59	17	LAF	5;11	5,65	2,12	0,55	0,94	U9. M Monte, SbM
20	46	34	FA	5;11;9	6,77	3,09	0,49	0,77	U9. M Monte, SbC
60	36	4	AL	4	4,12	1,02	0,54	2,23	U7. M Río Salado, SbM
32	52	16	LAg	5;11	5,34	2,07	0,68	1,13	U7. M Río Salado, SbM
18	61	21	LAF	5;11	6,12	2,61	0,51	0,94	U7. M Río Salado, SbM
25	45	30	FA	4;11;7	6,52	3,03	0,48	0,83	U7. M Río Salado, SbC
13	55	32	FA	5;11;7	7,00	3,14	0,49	0,82	U7. M Río Salado, SBC
8	69	23	L	6;8;11	6,67	2,40	0,36	1,09	U7. M Río Salado, SbC
33	54	13	SLA	4;11	5,27	2,01	0,50	0,98	U6. F. La Postrera II- Y
26	59	15	SLA	5;11	5,37	2,20	0,58	1,42	U6. F. La Postrera II- Y
53	36	11	AL	3;5;11	4,55	2,42	0,43	1,24	U5. M Lobos, Y
31	55	14	LAg	5;7;11	5,12	1,83	0,63	1,18	U5. M Lobos, SbM, R
39	53	11	LAg	4;11	4,62	1,52	0,56	1,85	U5. M Lobos, Y
16	50	34	FA	5;11;8	7,20	3,32	0,44	0,78	U5. M Lobos, SbC, R
34	55	11	SLA	4;9	5,07	1,65	0,52	1,46	U4. F. La Postrera I-Y, 1
27	59	14	SLA	5;9;11	5,20	1,90	0,47	1,34	U4. F. La Postrera I-Y, 2
24	53	23	SLA	5;11	6,13	2,56	0,28	1,03	U4. F. La Postrera I-Y, 3
74	21	5	AL	4; 1	3,80	0,67	0,29	2,24	U3. MLCH-SbM-Y
37	55	8	LA	5; 9	4,82	1,61	0,60	1,58	U3. MLCH-SbM-R
48	42	10	LA	4;11	4,43	1,70	0,57	2,41	U3. MLCH-SbC-Y
22	64	14	LA	5;11	5,42	1,98	0,39	1,23	U3. MLCH-SbC-R
G21	A30	P49	FG	5;-2;11	3,12	3,60	-0,30	1,00	U3. MLCH-SB-R

Referencias: G: % grava; A: % arena; L: % limo; Ac: % arcilla; P: % pelitas; Tex: textura; AG: arena gravosa; AL: arena limosa; LAg: limo arenoso grueso; LAF: limo arenoso fino; SLA: pseudo limo arenoso; FA: fango arenoso; L: limo; F: fango; FG: fango gravoso; Mo: modas; Mz: media gráfica;  $\sigma_i$ : desvío estandar;  $S_K$ : asimetría;  $K_G$ : curtosis; F: formación; M: miembro; SbM: subfacies marginal; SbC: subfacies central; SB: sección basal; Y: yeso; R: muestra recalculada sin yeso; MLCH: Miembro La Chumbiada; 1 a 3: muestras del eólico intracuenal de Santa Rosa hasta el umbral que lo separa de San Jorge (NO-SE). (Todas las unidades están representadas en la figura 9).

La subfacies marginal está representada por arenas gravosas, arenosas limosas y limos arenosos gruesos y finos. Los únicos sedimentos discontinuos de la subfacies son las arenas gravosas, las que

proviene de la destrucción por el oleaje de las sedimentitas de la base de las escarpas. Estos sedimentos son castaño grisáceos (10YR 5/2) a castaño grisáceos oscuros (10YR 4/2), sin estructuras, friables a levemente consolidados y con escasa bioturbación de raíces. La subfacies central reúne los depósitos pelíticos de origen extra e intracuenca, representados por fangos arenosos, limos y fangos. Estas pelitas son grises muy oscuras (10YR 3/1) a grises oscuras (10YR 4/1), macizas o con estructura granular, levemente consolidadas en húmedo y duras a muy duras en seco, la bioturbación es escasa a muy abundante, dependiendo de la mayor o menor presencia de raíces. En la composición de las gravas (hasta 8 mm) a arena gruesa predominan los calcretes rodados, líticos de pelitas, concreciones de óxidos de Fe y bioclastos. La arena mediana se caracteriza por fragmentos de conchillas de gasterópodos, valvas de ostrácodos y trizas de vidrio volcánico. A partir de la arena fina predomina la composición volcanoclástica, la que responde a la generalidad y en los niveles piroclásticos choníticos el vidrio volcánico se presenta en trizas límpidas y pumíceo.

Los bioclastos son muy abundantes y responden a la generalidad, salvo las siguientes diferencias: presencia de raíces y rizomas de helófitas, valvas del pelecípodo *Anodontites sp.*, conchillas de los gasterópodos: *Chilina parchapii*, *Scolodonta semperi* y *Uncancylus concentricus*, espinas, vértebras, escamas y placas bucales del pez invasor *Cyprinus carpio* (carpa), restos quitinosos de coleópteros y ausencia de restos de algas carófitas. Estos sedimentos representan los depósitos de acumulación más reciente, denominados colectivamente “Aluvio reciente”. Si se considera que en 1774 se instaló a la vera de la laguna del Monte el primer fortín en la región, origen de la actual ciudad de San Miguel del Monte (16 km al norte del complejo), resulta que el funcionamiento actual de dicha laguna, así como de las restantes Encadenadas de Monte y sus depósitos recientes podrían superar la edad de dicho fortín, lo que nos permitiría asignar a dichos depósitos una edad no menor a 250 años antes del presente, la que hacemos extensiva al complejo.

### **Depósito yesífero intrasedimentario**

Entre los sedimentos clásticos de la Formación Luján, Miembros La Chumbiada, Lobos y Río Salado aparece una acumulación epigénica de yeso, principalmente tamaño arena (gipsarenita, *sensu* Warren, 1982), alojado en forma intrasedimentaria en los poros de la sucesión clástica hospedante. En Santa Rosa el mineral es abundante a dominante hasta la arena fina (> 38% en muestra total) y escaso en San Jorge (< 4%), donde constituye un remanente erosivo, afectado por la corrosión cristalina a largo plazo, que produjo la paulatina retracción del depósito. El contenido de yeso en Santa Rosa no es constante en los distintos niveles estratigráficos del yacimiento, sino que alcanza su máximo en el Miembro Lobos, disminuye en el Miembro La Chumbiada y es escaso en el Miembro Río Salado. Asimismo, los depósitos eólicos de la Formación La Postrera I y II contienen yeso clástico corroído, deflacionado de las respectivas unidades paleolímnicas, cuyo contenido al no ser significativo, no alcanzó a modificar las texturas originarias. Por otra parte, el contenido de yeso en el montículo de la costa oriental de Santa Rosa no ha sido evaluado. Estos yesos poseen diversidad de hábitos, texturas, fábricas y estructuras. Las variedades se caracterizan por las formas (cristales individuales o agregados cristalinos), los tipos (simples, maclados y con crecimiento sintaxial), hábitos (hemipiramidal, prismático o clástico), fábricas (incorporativa, poiquilítica o displaciva) y estructuras (maciza, grumosa y de intercrecimiento), (cf. Smoot & Lowenstein, 1991, Dangavs & Blasi, 2002, Dangavs, 2005c, etc.). Las variedades cristalinas reconocidas son las siguientes: agregados en microrrosetas y sacaroides, prismático, hemipiramidal y discoidal. En los cristales individuales predomina el hábito discoidal, en los agregados las microrrosetas y en los mixtos los mosaicos sacaroidales. A partir de la arena mediana, los cristales discoidales representan la mayoría de las formas. La valoración del yacimiento se realizó en Santa Rosa, donde las acumulaciones yesíferas abarcan 2,52 km<sup>2</sup>, con un espesor máximo y medio de 3,10 m y 2,12 m, respectivamente, lo que totaliza un volumen de sedimentos clásticos y químicos de 5,34 hm<sup>3</sup>. El peso estimativo de yeso fue establecido en muestra

total, en base a la ley media (20,5%), el volumen implicado (1.095.000 m<sup>3</sup>) y el peso específico estándar del mineral, obteniéndose un contenido total de 2.540.000 toneladas de yeso alojado en el lecho lagunar.

## Propuesta y discusión de la evolución paleoclimática y paleoambiental

### Premisas

1- La mayoría de las depresiones de la región pampeana son esencialmente eólicas, excavadas a lo largo de paleovalles o fuera de ellos a partir de hondonadas primitivas (Tricart, 1969 y 1973; Dangavs, 2005a y b, 2009a, b y c; 2010; Dangavs & Reynaldi, 2008, Dangavs & Pierrard, 2013, etc.).

2- La característica principal de estas depresiones es su forma en cubeta, con paredes casi verticales, fondo plano y profundidades entre 4 y 12 m, que les confieren perfiles en *Pfanne* (sartén o palangana) o *Wanne* (bañera), respectivamente (Penck, 1894).

3- El origen de las cubetas de deflación está estrechamente vinculado con zonas áridas o semiáridas y vientos fuertes (Reeves, 1968; Tricart, 1969; Bowler, 1976; Cooke & Warren, 1973; Shaw & Thomas, 1989; Cooke *et al.*, 1993; Goudie & Wells, 1995; Shaw & Bryant, 2011; Zárate & Tripaldi, 2012, etc.). Esta característica climática aconteció en la región pampeana en sucesivas etapas a partir del Pleistoceno tardío, imprimiendo al paisaje de gran parte de la región rasgos desérticos, tales como el relieve medanoso del "Mar de Arena Pampeano" (Iriondo & Kröhling, 1995), con múltiples zonas de dunas longitudinales, parabólicas, en horquilla, transversales, barjanes, etc. y las incontables mega, meso y microcubetas que se esparcen por casi toda la provincia, las que en el clima húmedo actual contienen ambientes acuáticos en sus diversas categorías límnicas.

4- Estas depresiones poco profundas de zonas áridas son denominadas en Sudáfrica "*pans*" (Cooke & Warren, 1973), cuya denominación fue aceptada por la mayoría de los autores. Según Goudie & Wells (1995), su distribución es controlada mayormente por la disponibilidad de superficies susceptibles a la erosión, desarrollándose también en medios particulares tales como las cuencas paleolacustres, paleocauces, interdunas, etc. Para dichos autores, un carácter distintivo de los *pans* es la presencia en sus bordes de sotavento de dunas de limo y arcilla. Respecto al origen, estos autores señalan que varios procesos se combinan para generarlos, siendo los principales la acción combinada de la meteorización salina y la posterior deflación.

5- Para Tricart (1969 y 1973), las lagunas pampeanas son formas complejas que se han desarrollado bajo la influencia de las oscilaciones climáticas cuaternarias, con predominio de excavación eólica en clima semiárido, alternando con períodos húmedos, durante los cuales estas serían transformadas en pantanos, de ahí que los rasgos geomorfológicos de las mismas no se pueden entender si no se toma en cuenta su evolución en base a dichas oscilaciones.

6- El origen de las cubetas primitivas y su evolución en la región pampeana responde a la acción combinada de varios procesos geomórficos, siendo los principales la meteorización salina, la pelletización, la deflación (erosión halo-eólica), la erosión fluvio-lacustre, los fenómenos coluviales y el lavado y retroceso de pendientes. Todos estos procesos han actuado en áreas sin drenaje y/o paleovalles susceptibles a la acción eólica, donde la posterior alternancia de climas secos y húmedos facilitó la deflación durante etapas de mayor aridez. En estas circunstancias repetitivas de deflación-acumulación se ampliaron y modelaron dichos recipientes, hasta transformarlos en las cubetas que contienen lagunas o han desaparecido por colmatación. Este último proceso es característico a lo largo de los ejes de drenaje de la región pampeana bonaerense. Por ejemplo, en una extensión lineal de 205 km del río Salado (entre los meridianos 58<sup>o</sup> y 60<sup>o</sup>), Dangavs *et al.* (2003) registraron 54 paleocubetas, parcial o totalmente colmatadas, la mayoría de ellas atravesadas por el cauce fluvial (ejemplo: bajo de Los Cerrillos en figura 1) y las restantes marginales al río, algunas de las cuales pueden funcionar

como lagunas periódicas durante las crecidas del río Salado (cf. Dangavs, 2009a y b).

7- Las evidencias geológicas indican que desde del último período glaciario, la cuenca del río Salado se ha caracterizado por una sucesión climática alternante seco-húmedo que rige hasta el presente (Dangavs, 2005a y b; Dangavs & Reynaldi, 2008; Dangavs, 2009a, b, c y 2010; Dangavs & Mormeneo, 2006 y 2012; Dangavs & Pierrard, 2013; Iriondo & Kröhling, 2007). Dichas evidencias se encuentran en los depósitos de las lagunas y en los afloramientos de sus periferias. De esta manera, en base a los conceptos de biostasia y rexistasia de Erhart (1956), se ha reconocido en la cuenca del río Salado la existencia cinco etapas secas (ES5 a ES1) y otras tantas húmedas “posensenadenses” (tabla 6). Las etapas secas o de rexistasia se caracterizaron por deflación, excavación de cubetas y/o rejuvenecimiento de las más antiguas, presencia de lagos salados donde precipitaron sales, principalmente carbonatos y yeso, pelletización por meteorización salina (Tricart, 1954a, b y 1969) y acumulación de depósitos eólicos (arenosos, limosos y de arcilla). El término “lago salado” incluye los conceptos de playa lake, playa, salt pan, pan, sabhka interior y otros utilizados para caracterizar regiones áridas endorreicas o arreicas que mantienen espejos de agua salada temporarios o efímeros (Shaw & Thomas, 1997). En las etapas húmedas o de biostasia las cubetas alojaron sucesivos ambientes acuáticos, donde predominaron los procesos de aluvionamiento y modelado, y sincrónicamente la pedogénesis de los depósitos aflorantes de edad inmediata inferior.

8- Todos estos fenómenos se podrían relacionar con el Ciclo Climático Glacial-Interglacial y sus fases climáticas menores propuestas por Fairbridge (1972), así como con las Épocas Pluviales e Interpluviales de la Pampa Deprimida (Tricart, 1973). Al respecto, cabe señalar que, el esquema de Tricart es inverso al propuesto por Frenguelli (1957); es decir, para Tricart las Épocas Glaciares corresponden a los Interpluviales o secas y las Épocas Interglaciales a las Pluviales o húmedas. Hasta ahora las evidencias geológicas en la cuenca del río Salado confirman el esquema propuesto por Tricart. (Basado parcialmente en Dangavs & Pierrard, 2013).

9- Las lagunas del complejo tienen origen semejante al explicitado *ut supra*, alojadas en cubetas de edad sincrónica en Santa Rosa y San Jorge II, cuya deflación se inició en el Pleistoceno tardío a partir de un paleovalle Ensenadense, donde se concentraron los procesos que determinaron la excavación y el modelado, el que continúa hasta el presente. Por otra parte, los procesos que generaron las cubetas de Maipo y San Jorge I y III son más recientes que en las anteriores. Dichas evidencias se basan en la edad del primer depósito de sus lechos y consiguiente menor espesor de sus depósitos de relleno. En consecuencia, el primer depósito paleolímpico de Maipo y San Jorge III está representado por la Formación Luján, Miembro Río Salado del Holoceno temprano a medio, por ende, la excavación de sus respectivas cubetas se relacionaría con el episodio eólico previo, que también acumuló la Formación La Postrera II. Por otra parte, San Jorge I es aún más reciente, cuyo único y postrer depósito paleolímpico corresponde a la Formación Luján, Miembro Monte; de ello se desprende que su cubeta fue originada durante las acciones eólicas que acumularon la Formación La Postrera III en el Holoceno medio a tardío.

10- La interpretación que se presenta está fundada en las etapas climáticas alternantes seco-húmedo de la región pampeana (tabla 6), evidenciadas en la sucesión de los depósitos de relleno de las cubetas y en los afloramientos en los episodios pedogenéticos (S4 a S0) y las fases eólicas de dunas/loess (D5/L5 a D1/L1) establecidas por Iriondo & Kröhling (1995, 1996 y 2007). Las edades consideradas están referidas a dataciones paleomagnéticas: Nabel & Valencio (1981), Valencio & Orgeira (1983), Bobbio *et al.* (1986), Nabel 1993, Bidegain (1998) y Bidegain *et al.* (2005); radiocarbónicas: Carbonari *et al.* (1992), Figini *et al.* (1995 y 1998), Tonni *et al.* (2003), Prieto *et al.* (2004), Toledo (2005 y 2011), Dangavs & Pierrard (2013), Mari *et al.* (2013) y en nuestra datación del piso y techo de la Formación Luján, Miembro Río Salado, en este trabajo.

**Tabla 6:** El "posensenadense" de la cuenca del río Salado: Etapas climáticas seco- húmedo, etapas pedogénicas, unidades litoestratigráficas y pedogénicas.

Etapa Climática	Unidad Litoestratigráfica	Unidad Pedoestratigráfica	Depósitos eólicos (5)	Etapa pedogénica (6)
Húmeda (EH1)	Aluvio reciente	Suelo actual		S0
Seca (ES1)	F. La Postrera IV		D1-L1	-
Húmeda (EH2)	F. Luján, Miembro Monte	Gs Puesto Berrondo (4)		S1
Seca (ES2)	F. La Postrera III		D2-L2	-
Húmeda (EH3)	F. Luján, Miembro Río Salado	Gs Puesto Callejón Viejo (3)		S2
Seca (ES3)	F. La Postrera II		D3-L3	-
Húmeda (EH4)	F. Luján, Miembro Lobos	Gs. La Horqueta (2)		S3
Seca (ES4)	F. La Postrera I		D4-L4	-
Húmeda (EH5)	F. Luján, Miembro La Chumbiada	Gs Sin Nombre (1)		S4
Seca (ES5)	F. Buenos Aires		D5-L5	-

(1): Tonni & Fidalgo (1978); (2): Dangavs (2009a); (3 y 4): *sensu* Fidalgo (1990); (5): Depósitos de dunas de arena, arcilla y loess (D5 a D1/L1); (6): Etapas pedogénicas (S4-S0) de Iriondo & Kröhling (1995); F.: Formación; Gs: Geosuelo.

## Discusión

A.- La historia geológica de la región se inicia en el Pleistoceno temprano a medio, con la acumulación de la Formación Ensenada (Riggi *et al.*, 1986) o "Ensenadense", el que no sólo constituye el piso de la cubetas, sino también la roca de base del paisaje actual de gran parte de la región pampeana. Según Frenguelli (1957), durante el Pleistoceno medio prevalecieron condiciones de clima húmedo, procesos fluviales y formación de valles, mientras que el Pleistoceno tardío se caracterizó por una prolongada etapa de aridez (ES5, en tabla 6), con intensas acciones eólicas, deflación generalizada, excavación de cubetas, calcificación, salinización y la acumulación de loess Bonaerense o Formación Buenos Aires (Riggi *et al.*, 1986), el que se acomodó al relieve previamente elaborado y su edad de acuerdo a Iriondo & Kröhling (1995 y 2007), Iriondo (1999) y Toledo (2011) superaría ampliamente los 50 ka AP. La antigüedad de este depósito se correspondería con el inicio del último Máximo-Glacial, representado por clima frío y seco en las llanuras argentinas y avance del clima patagónico unos 1500 km al NE de su posición actual. Estos sedimentos fueron aportados, en gran parte, por los vientos del sector S-SO (Zárate & Blasi, 1993 y Zárate & Tripaldi, 2012), pero también provienen de la deflación local, la que excavó las cubetas de las futuras lagunas, todo lo cual sería coincidente con la fase climática de dunas y loess D5-L5 (tabla 6) y el desarrollo del "Sistema eólico pampeano" de Iriondo & Kröhling (1995).

Es en esta etapa donde se originaron las cubetas de las lagunas Santa Rosa y San Jorge II, a partir de paleovalles "ensenadenses", donde se concentraron los procesos morfogénicos que determinaron la deflación y el posterior modelado, el que continúa hasta el presente. En las etapas climáticas posteriores no sólo se ampliaron dichos valles, hasta transformarse en profundas cubetas, sino que también se excavaron nuevas cubetas, que fueron incorporadas al complejo por captura, i.e.: San Jorge III y Maipo y finalmente la laguna San Jorge I. Todas estas cubetas albergaron sucesivos ambientes acuáticos y depósitos eólicos, cuyas evidencias se encuentran registradas no sólo en los lechos, sino también en las escarpas y montículos eólicos de sus costas, conformando una sucesión estratigráfica constituida por una secuencia de ciclos alternantes, secos y húmedos que abarca el intervalo Pleistoceno tardío al presente. Los secos se caracterizaron por deflación, precipitación de sales y depósitos eólicos intra y extracuencales, en tanto los húmedos por aluvionamiento en los sucesivos ambientes acuáticos y la pedogénesis en los interfluvios. Las tablas 3 y 6 resumen esta sucesión climática y sus relaciones con los esquemas creados por otros autores.

B.- A la etapa de aridez ES5 siguió un período de estabilidad en clima húmedo (EH5), con



acumulación en Santa Rosa y San Jorge II del primer depósito del registro paleolimnológico de estas cubetas, representado por la Formación Luján, Miembro La Chumbiada del Pleistoceno tardío (Dillon & Rabassa, 1985). Además, en esta etapa de biostasia se produjo la pedogénesis del loess de la Formación Buenos Aires, representado en los interfluvios por el Geosuelo Sin Nombre (Tonni & Fidalgo, 1978). Iriondo & Kröhling (1995 y 2007) e Iriondo (1999) refieren este nivel estratigráfico al estadio climático cálido y húmedo del EIO3 y a la etapa pedogenética S4, con una edad mayor a 35 ka AP. Carbonari *et al.* (1992) y Figini *et al.* (1995) establecieron en el A. Tapalqué edades  $^{14}\text{C}$  de la sección cuspidal del Miembro La Chumbiada entre 26 y 28 ka AP. En base a dichas evidencias cronológicas es factible considerar que la edad mínima del inicio de la depositación del Miembro La Chumbiada superaría ampliamente los 30 ka AP y por ende la edad de las cubetas que lo contienen se podrían correlacionar con las acciones eólicas de deflación- acumulación del “Bonaerense”, hecho que avalaría la edad “Bonaerense” de las principales cubetas lagunares de la cuenca del río Salado.

C.- El episodio húmedo anterior fue reemplazado por una nueva etapa de aridez (ES4). Este suceso climático afectó los ambientes acuáticos, transformándolas en sabkhas, en cuyo seno hubo pelletización a expensas de los sedimentos del Miembro La Chumbiada y precipitación de yeso y carbonatos, todo lo cual fue afectado por acciones eólicas que posibilitaron la deflación de los sedimentos de los lechos, los que se acumularon a sotavento del viento dominante, formando dunas de arcilla dentro o fuera de las cubetas, (intra o extracuencales). Este primer depósito eólico posbonaerense se halla sólo Santa Rosa (figura 3), en forma de un cordón intracuenal de 3,7 km de largo, adosado al borde oriental interno de la cubeta y superpuesto a la Formación Luján, Miembro La Chumbiada. Esta unidad se asigna a la Formación La Postrera I del Pleistoceno tardío (Dangavs, 2005b). Según Iriondo & Kröhling (1995) e Iriondo (1999) el nivel estratigráfico equivalente representa la fase climática de dunas y loess D4-L4, que se corresponde con el EIO2 del último Máximo Glacial, con una edad probable entre 35 y 20/18 ka AP.

D.- En la siguiente etapa de biostasia (EH4) se acumuló en Santa Rosa y San Jorge II el segundo depósito paleolimnológico, asignable a la Formación Luján, Miembro Lobos del Pleistoceno tardío-tardío (Dangavs & Blasi, 2003), cuyos bioclastos en su gran mayoría son dulciacuícolas y en el tercio superior de la unidad, también de abolengo marino de origen atalásico. Este cambio se debió a la salinización de estos ambientes, los que en la etapa de clima más seco inmediato posterior se transformaron en lagos salados o sabkhas. Asimismo, en esta etapa húmeda se concretó la pedogénesis de los sedimentos de la Formación La Postrera I, con desarrollo de un suelo, que fuera denominado Geosuelo La Horqueta por Dangavs (2009a), el que conserva los horizontes BCb y Btkb en su localidad tipo en el A. La Horqueta de Lezama. Este paleosuelo representa a la etapa pedogénica S3 de Iriondo & Kröhling (1995), ausente en el sistema de las Encadenadas de Monte. El Miembro Lobos se correlaciona con la sección superior del Piso Lujanense de Ameghino (1889), la parte superior de la Formación Luján de Fidalgo *et al.* (1973) y el Lujanense Verde Superior de Toledo (2011). Para Iriondo & Kröhling (1995) e Iriondo (1999) este evento climático cálido y húmedo representa la fase final del EIO2 y la etapa pedogénica S3, con una edad entre < 20/18 y 14 ka AP. Las dataciones  $^{14}\text{C}$  de la unidad en el A. Tapalqué (Carbonari *et al.*, 1992; Figini *et al.*, 1995 y Tonni *et al.*, 2003) sitúan la base de este nivel estratigráfico entre 21 y 17 ka AP y el techo en 12/11 ka AP. Toledo (2011) le asigna una edad entre 17/16 y 13 ka AP, respectivamente.

E.- En la consecutiva etapa de rexistasia (ES3), se acumuló en Santa Rosa el segundo depósito eólico del montículo de su costa oriental, superpuesto a la unidad anterior (figura 4 y también en el lecho lagunar como depósito intracuenal en el límite entre las lagunas Santa Rosa y San Jorge (figura 5). Estos sedimentos están representados por una duna de arcilla formada por pellets de arcilla, yeso y restos de organismos de abolengo marino de origen atalásico que medraron en el sabkha y/o el lago salado en que se había transformado el ambiente dulciacuícola de la etapa húmeda EH4. Este depósito eólico proviene de la deflación del Miembro Lobos y representa a la Formación La Postrera II del

Pleistoceno tardío-tardío al Holoceno temprano (Dangavs, 2005b). Según Iriondo (1999) e Iriondo & Kröhling (2007) esta etapa climática se correspondería con la fase seca de dunas y loess D3-L3 del Pleistoceno final, con una edad probable entre 14 y 8,5 ka AP.

F.- A un continuación se instauró un nuevo ciclo húmedo (EH3), durante el cual se acumuló el tercer depósito paleolímpico, representado por los sedimentos del ambiente dulciacuícola lagunar de la Formación Luján, Miembro Río Salado (Fidalgo *et al.*, 1973) del Holoceno temprano a medio, el que en sus postrimerías se transformó en un pantano calcáreo margoso. En forma sincrónica se produjo la pedogénesis de los sedimentos de la Formación La Postrera II, representada por el Geosuelo Puesto Callejón Viejo (*sensu* Fidalgo, 1990). Este paleosuelo fue datado en su localidad tipo en el Canal 15 por Figini *et al.* (2003) en  $5.870 \pm 50$  años AP y por Mari *et al.* (2013) en  $5640 \pm 70$  años AP y  $5870 \pm 70$  años AP. Para Iriondo & Kröhling (1995 y 2007), esta etapa de clima subtropical representa el EIO1 o Hypsithermal y la pedogénica S2, que abarca desde 8,5 a 3,5 ka AP. Por otra parte, la base del Miembro Río Salado, Figini *et al.* (1995), Prieto *et al.* (2004) y Toledo (2011) la ubican entre 13 y 7,83 ka AP. Asimismo, Prieto *et al.* (2004) dataron el paleosuelo cuspidal de la unidad entre 3,5 y 2,9 ka AP y Toledo (2005) la facies carbonática con *Pomacea sp* en que culmina la sedimentación "platense" en 3,3 ka AP. Por otra parte, nuestra datación de conchillas de gasterópodos dulciacuícolas de base y techo del Miembro Río Salado realizadas en el LATYR, con muestras provenientes de la paleocubeta atravesada por el río Salado en la zona del Puente El Venado (entre Chascomús y Pila), brindó las siguientes edades radiocarbónicas convencionales de  $8.230 \pm 90$  años AP (LP-2255) y  $3.030 \pm 70$  años AP (LP-2252), respectivamente.

G.- A partir del Holoceno medio se produjeron nuevos episodios climáticos alternantes, dos secos (ES2 y ES1) y dos húmedos (EH2 y EH1), siendo el último el más breve, el que representa al clima actual. El episodio seco (ES2) se caracterizó por intensa morfodinámica de deflación/acumulación, que transformó los ambientes lagunares del complejo en palustres calcáreos, con precipitación de carbonatos en los lechos y deflación parcial de los depósitos del Miembro Río Salado y su acumulación en los bordes de sotavento de las cubetas, como depósitos eólicos de aspecto loésico, con algunas características de dunas de arcilla. Estos sedimentos representan a la Formación La Postrera III del Holoceno medio a tardío (Dangavs, 2005b), que se corresponde con la fase climática subtropical seca de dunas y loess D2-L2, cuya edad fue datada por Iriondo, 1999 e Iriondo & Kröhling, 2007) entre 3,5 y 1,4 ka AP.

H.- La siguiente etapa más húmeda (EH2), representa una época de biostasia, en cuyo transcurso se acumuló en los lechos de todos los ambientes del complejo el último depósito paleolímpico de las lagunas bonaerenses y en las escarpas y montículos se formación suelos. En los lechos, la unidad está representada por la Formación Luján, Miembro Monte del Holoceno tardío (Dangavs & Pierrard, 2013) y en los afloramientos por la pedogénesis de la Formación La Postrera III, con desarrollo del Geosuelo Puesto Berrondo (*sensu* Fidalgo, 1990), que fue datado en su localidad tipo en  $1.710 \pm 60$  años AD por Mari *et al.* (2013). Cabe destacar que en el área de influencia de las ingresiones marinas la pedogénesis también afectó a unidades no eólicas de mayor edad (cf. Zárate *et al.*, 2000 y Prieto *et al.*, 2004). Según Iriondo (1999) e Iriondo & Kröhling (2007) esta etapa climática húmeda se corresponde con la etapa pedogénica S1 y el "Máximo Medieval" con una edad entre los 1,4 y 0,8 ka AD. La datación  $^{14}\text{C}$  de conchillas de *Heleobia parchapii* del Miembro Monte, en la laguna homónima brindó la siguiente edad:  $980 \pm 70$  años AD (Dangavs & Pierrard, 2013).

I.- La última etapa seca (ES1) fue relativamente breve y de menor intensidad y duración que la anterior, con desecación, deflación, rejuvenecimiento de cubetas, generación de decenas de miles de nuevas microcubetas y la acumulación de los sedimentos eólicos más recientes, los que, debido al escaso lavado del suelo por la aridez, aunado al efecto de trampa que ejerce el relieve llano, produjo la concentración de sales y álcalis, sobre todo en las zonas de los valles, que aún persiste. En la región el episodio se caracterizó por la deflación del Miembro Monte, la decapitación del Geosuelo Puesto

Berrondo y la depositación de sedimentos eólicos en los interfluvios y en los lechos de ambientes acuáticos como un depósito intracuenal. Estos sedimentos provienen tanto de la erosión local como de zonas más lejanas, que se depositaron en forma de manto loésico sobre las unidades infrayacentes, constituyendo la cubierta de los interfluvios, en cuyo seno se desarrollan los suelos actuales. Estos depósitos se asignan a la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío-tardío (Dangavs, 2005b), que se correlacionan con la fase climática D1-L1 de enfriamiento y aridización, denominada “Pequeña Edad de Hielo” que diversos autores sitúan entre 0,8 y 0,2 ka AD (cf. Iriondo, 1999).

J.- La etapa final nos ubica en el clima húmedo actual (EH1), caracterizado por la estabilidad climática y el funcionamiento de los ambientes acuáticos de la región pampeana, cuyos depósitos se denominan colectivamente “Aluvio reciente”. Asimismo, este régimen es el que posibilita la pedogénesis S0 de los suelos actuales a expensas del loess de la Formación La Postrera IV y el aluvio reciente. La edad de los depósitos aluviales recientes quizás no supera los 250 años; sin embargo, algunos autores asignan al Aluvio hasta 2.500 años AP (cf. Fucks *et al.*, 2007; Fucks & Deschamps, 2008; Mari *et al.*, 2013), quienes al considerar al Holoceno tardío como el inicio de la acumulación de los depósitos aluviales recientes, han omitido los últimos episodios climáticos que precedieron al clima actual, no obstante que en dicho lapso se han sucedido varios episodios climáticos alternantes, que acumularon los depósitos eólicos de las Formaciones La Postrera III y IV (Dangavs, 2005b), los paleolímpnicos de la Formación Luján, Miembro Monte (Dangavs & Pierrard, 2013) y los actuales del Aluvio reciente.

### Conclusiones

Desde el punto de vista geológico, estas lagunas constituyen cuencas de sedimentación y además el reservorio natural de los recursos hídricos y bióticos, alimentadas principalmente por el agua libre subterránea y supeditadas a los vaivenes del ciclo hidrológico de la región. Su carácter de semi-permanentes está determinado por la inestabilidad de los aportes ácuos, que se manifiestan por amplias variaciones de volumen retenido, incluso la desecación, lo que señala la fuerte dependencia con el régimen pluvial anual. Asimismo, mantienen espejos de agua en gran parte de los años de su registro histórico, que señala cierto grado de equilibrio tendiente a la preservación del recurso. En crecientes son colectoras de los excesos pluviales, aunque la capacidad de reservorio y función reguladora resulten muy exiguas, a consecuencia del abundante relleno sedimentario de sus cubetas.

El origen de las cubetas y su contenido sedimentario está ligado a los acontecimientos geológicos, geomorfológicos y climáticos posensendenses, los que actuaron sobre los primitivos valles hasta transformarlos en los recipientes o cubetas que contienen las lagunas actuales. Los procesos geodinámicos, mediante acciones combinadas (eólicas, hídricas, etc.) excavaron y modelaron los recipientes. El viento fue el agente principal, actuando por deflación originó las cubetas, el agua actuó por erosión, lavado y el retroceso de pendientes. Los fenómenos hídricos las ensancharon, pero no las profundizaron, erosionando umbrales hasta unir en una sola todas las cubetas del complejo.

La posterior alternancia climática seco/húmedo o de rexistasia o biostasia del Pleistoceno tardío al presente, determinó el funcionamiento de sucesivos ambientes acuáticos y terrestres. En los intervalos terrestres hubo deflación/acumulación, precipitación química de yeso y carbonatos en las sabkhas y/o lagos salados en que se habían transformado estos ambientes dulciacuícolas, incluso aparecieron organismos de abolengo marino, traídos por aves marinas. También, en su transcurso algunos de estos paleoambientes salinizados fueron los generadores de pellets de arcilla, los que por erosión halo-eólica se acumularon como dunas de arcilla (lunettes) intra y extracuencales a sotavento de los vientos dominantes del S-SO.

El estudio de los depósitos superficiales y subácueos del complejo, estableció la existencia en los afloramientos de nueve unidades estratigráficas (seis lito y tres pedoestratigráfica) y en los lechos hasta ocho unidades litoestratigráficas, que incluyen cinco depósitos límnicos y tres eólicos. En superficie, sobre la Formación Ensenada se depositaron cuatro unidades eólicas que se corresponden con las Formaciones Buenos Aires, La Postrera II, III, IV y tres paleosuelos, i.e.: los Geosuelos Sin Nombre, Puesto Callejón Viejo y Puesto Berrondo, además del suelo actual en desarrollo a expensas del eólico más reciente y un exiguo depósito del Aluvio reciente. Los depósitos de relleno lagunar están representados por los sedimentos de los ambientes actuales y cuatro de acumulaciones paleolímnicas, que se corresponden con las siguientes unidades de edad decreciente de la Formación Luján, Miembros La Chumbiada, Lobos, Río Salado y Monte. A su vez, los tres depósitos eólicos intracuencales están integrados por las Formaciones La Postrera I, II y IV.

Esta secuencia sedimentaria refleja los cambios climáticos acaecidos en la cuenca del río Salado desde el Pleistoceno tardío al presente, representada por cinco episodios de clima seco (ES5-ES1) que abarcan desde el loess Bonaerense hasta la Pequeña Edad de Hielo y otros tantos de clima húmedo (EH5-EH1) "posbonaerenses", que incluye al húmedo actual. Los episodios de clima seco quedaron materializados en los depósitos eólicos de las Formaciones Buenos Aires y La Postrera I a IV, que se corresponden con las fases eólicas de dunas/loess D5-L5 a D1-L1. En la cuenca del río Salado, el registro de los episodios húmedos (EH5-EH1) está compuesto por cinco depósitos límnicos, cuatro corresponden a ambientes paleolímnicos y el quinto a los actuales. Por otra parte, en los afloramientos de la cuenca del río Salado se reconocen cuatro paleosuelos, que representan a las etapas pedogénicas S4 a S0. En el complejo se hallan los cinco depósitos colmatantes mencionados y en las periferias lagunares los paleosuelos S4, S2, S1 y el S0 del suelo actual. La unidad pedoestratigráfica ausente en el complejo (S3) se halla representada en otros ámbitos de la cuenca por el Geosuelo La Horqueta. Con esta unidad pedológica se completó el cuadro estratigráfico eólico-paleopedológico, establecido por Fidalgo *et al.* (1973), Tonni & Fidalgo (1978), Fidalgo (1990) y Fidalgo *et al.* (1991), no sólo para esta cuenca, sino que estos autores lo han extendido hacia el sur de la Provincia de Buenos Aires, abarcando desde Tandilia hasta las Sierras Australes. Por último, cabe destacar que los depósitos de las Formaciones La Postrera I a III en esta región, están integradas por unidades discontinuas, sin mayor extensión areal, asociadas a las cubetas de deflación generatrices, actuales o extinguidas; en cambio, la Formación La Postrera IV constituye un delgado depósito mantiforme de amplia distribución regional.

### Agradecimientos

Expresamos nuestro reconocimiento a la Administración del Establecimiento Rural Santa Rosa del Monte S.A. por la colaboración brindada, la que permitió la concreción de las tareas de campo, a la Asociación Cooperadora CAPETINA del ex Ministerio de Asuntos Agrarios (P.B.A.) por el préstamo de una lancha a motor, al Municipio de Monte por el préstamo de un equipo de perforación manual, a la Lic. Geol. María L. Mormeneo por la realización de los análisis texturales de sedimentos, al Ing. Jorge E. Giménez por la revisión del abstract y a los revisores y editores por las valiosas sugerencias que permitieron mejorar esta presentación.

### Bibliografía

Ameghino, F. (1889) Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, Actas* 6,1028 pp.

- Anadón, P. (1989) Los lagos salinos interiores con faunas de afinidad marina del Cenozoico de la Península Ibérica. *Acta Geológica Hispánica* 24 (2), pp. 83-102.
- Bidart, D. (1996) Sedimentological study of aeolian soil parent materials in the Río Sauce Grande basin, Buenos Aires province, Argentina. *Catena* 27, pp. 191-207.
- Bidegain, J. (1998) New evidence of the Brunhes/Matuyama polarity boundary in the Hernández - Gorina Quarries, north-west of the city of La Plata, Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 11/12, pp. 207-229.
- Bidegain, J., Osterrieth, M., Van Velzen, A. & Rico, Y. (2005) Geología y registros magnéticos entre el arroyo La Tapera y Santa Clara del Mar, Mar del Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60, pp. 599-604.
- Bobbio, M., Devincenzi, S., Orgeira, M. & Valencio, D. (1986) La magnetoestratigrafía del "Ensenadense" y "Bonaerense" de la ciudad de La Plata (excavación del nuevo Teatro Argentino): significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41, pp. 7-21.
- Bowler, J. (1976) Aridity in Australia: age, origins and expression in aeolian landforms and sediments. *Earth Science Reviews* 12, pp. 279-310.
- Cann, J. & De Deckker, P. (1981) Fossil Quaternary and living foraminifera from athalassic saline lakes, South Australia. *Journal of Paleontology* 55, pp. 660-670.
- Carbonari, J., Huarte, R. & Figini, A. (1992) Miembro Guerrero, Formación Luján (Pleistoceno, provincia de Buenos Aires) edades <sup>14</sup>C. *3ras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Actas*, pp. 245-247. La Plata.
- Carver, R. (Ed.) (1971) *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley, New York, 653 pp.
- Castellanos, A. (1918) Observaciones preliminares sobre el Pleistoceno de Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 23, pp. 232-254.
- Cooke, R. & Warren, A. (1973) *Geomorphology in deserts*. University of California Press, Berkeley, 394 pp.
- Cooke, R., Warren, A. & Goudie, A. (1993) *Deserts geomorphology*. UCL Press, London, 526 pp.
- Dangavs, N. (1979) Presencia de dunas de arcillas fósiles en la Pampa Deprimida. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34, pp. 31-35.
- Dangavs, N. (1988) Geología, sedimentología y limnología del complejo lagunar "Salada Grande", provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía. La Plata. 145 pp.
- Dangavs, N. (2005a) Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. En: De Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. & Llambías, E. (Eds): *Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino*, pp. 219-236. La Plata.
- Dangavs, N. (2005b) La Formación La Postrera I, II, III y IV de la laguna Las Barrancas de Chascomús, provincia de Buenos Aires. *Actas XVI Congreso Geológico Argentino* 4, pp. 115-122. La Plata.
- Dangavs, N. (2005c) El yeso intrasedimentario de la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires. *Actas VIII Congreso Argentino de Geología Económica*, pp. 19-26. Buenos Aires.
- Dangavs, N. (2009a) Los paleoambientes cuaternarios del arroyo La Horqueta, Chascomús, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64, pp. 249-262.
- Dangavs, N. (2009b) Paleolimnología de las lagunas periódicas (secas) Esquivel, del Medio y El Espartillar, Chascomús, Buenos Aires, Argentina. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Resúmenes*: p. 265 y *Actas CD*, pp. 290-299. La Plata.
- Dangavs, N. (2009c) Estratigrafía pleistocena tardía-holocena y paleolimnología de la laguna Chis-Chis, Chascomús, Buenos Aires, Argentina. *IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Resúmenes*: p. 266 y *Actas CD*: 300-309. La Plata.
- Dangavs, N. (2010) Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina. AUGM, Asociación Universitaria Grupo Montevideo. *Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente AUGMDOMUS* 1, pp. 67-104. La Plata.
- Dangavs, N. & Blasi, A. (2002) Los depósitos de yeso intrasedimentario del arroyo El Siasgo, partidos de Monte y General Paz, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 57, pp. 315-327.

- Dangavs, N. & Blasi, A. (2003) El Miembro Lobos de la Formación Luján: Cambio de rango de la Fm. Lobos, unidad estratigráfica del Pleistoceno superior de la cuenca del río Salado de la provincia de Buenos Aires. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, pp. 67-74. San Miguel de Tucumán.
- Dangavs, N. & Mormeneo, M. (2006) Geolimmología y paleolimmología de la laguna Lacombe, Chascomús, provincia de Buenos Aires. *Actas III Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología 2*, pp. 919-932, Córdoba.
- Dangavs, N. & Reynaldi, J. (2008) Paleolimmología de la laguna Cerrillo del Medio, Monte, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64, pp. 29-42.
- Dangavs, N. & Mormeneo, M. (2012) Geolimmología y paleolimmología de la laguna Adela, Chascomús, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista del Museo de La Plata, Sección Geología* 13, pp. 1-26. Versión electrónica en la Web.
- Dangavs, N. & Pierrard, L. (2013) Paleolimmología de la laguna del Monte, San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 70, pp. 128-143.
- Dangavs, N., Pierrard, L. & Reynaldi, J. (2003) Paleolimmología del río Salado entre los meridianos 58° y 60°, provincia de Buenos Aires. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, pp. 75-86. San Miguel de Tucumán.
- Dangavs, N., Pierrard, L. & Reynaldi, J. (2003) El riesgo de inundación en San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires. Propuesta de solución. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, pp. 245-256. San Miguel de Tucumán.
- Dillon, A. & Rabassa, J. (1985) Miembro La Chumbiada, Formación Luján (Pleistoceno, provincia de Buenos Aires): Una nueva unidad estratigráfica del valle del río Salado. *Resúmenes Iras Jornadas Geológicas Bonaerenses*, pp. 27. Tandil.
- Doering, A. (1884) Estudios hidrognósticos y perforaciones artesianas en la República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 6, pp. 259-340.
- Erhart, H. (1956) *La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhexistasie*. Ed. Masson, Paris, 90 pp.
- Fairbridge, Rh. (1972) Climatology of a Glacial Cycle. *Quaternary Research* 2, pp. 283-302.
- Fidalgo, F. (1990) La Formación La Postrera. *Simposio Internacional sobre Loess, INQUA: Resúmenes Expandidos*, pp. 78-83. Mar del Plata.
- Fidalgo, F. De Francesco, F. & Colado, U. (1973) Geología superficial en las hojas Castelli, M. J. Cobo y Monasterio, provincia de Buenos Aires. *Actas V Congreso Geológico Argentino* 4, pp. 27-39, Carlos Paz.
- Fidalgo, F., De Francesco, F. & Pascual, R. (1975) Geología superficial de la llanura bonaerense. En: *Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires*, pp. 103-138. VI Congreso Geológico Argentino. Bahía Blanca.
- Fidalgo, F., Riggi, J., Gentile, R., Correa, H. & Porro, N. (1991) Los "sedimentos postpampeanos" continentales en el ámbito del sur bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 46, pp. 239-256.
- Figini, A., Fidalgo, F., Huarte, R., Carbonari, J. & Gentile, R. (1995) Cronología radiocarbónica de los sedimentos de la Formación Luján en el arroyo Tapalqué, provincia de Buenos Aires. *Actas 4tas Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses* 1, pp. 119-126. Junín.
- Figini, A., Huarte, R., Carbonari, J. & Tonni, E. (1998) Edades C-14 en un perfil del arroyo Tapalqué, provincia de Buenos Aires. Contribución a la cronología de acontecimientos faunístico-ambientales. *Actas X Congreso Latinoamericano de Geología y VI Congreso Nacional de Geología Económica* 1, pp. 27-31. Buenos Aires.
- Figini, A., Carbonari, J. & Huarte, R. (2003) Geosuelo Puesto Callejón Viejo. Su posición cronológica y relación con eventos paleoclimáticos y paleoambientales. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, pp. 93-100. San Miguel de Tucumán.
- Folk, R. (1968) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's, Austin, 170 pp.
- Frenguelli, J. (1945) El piso Platense. *Revista del Museo de La Plata (NS), Geología* 2, pp. 87-311.
- Frenguelli, J. (1950) Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. *Publicaciones del LEMIT, Serie 2*, 33, pp. 72 La Plata.
- Frenguelli, J. (1957) Neozoico. En: *Geografía de la República Argentina*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos GAEA 2-3, pp. 1-113. Buenos Aires.

- Fucks, E. & Deschamps, C. (2008) Depósitos continentales cuaternarios en el noreste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63, pp. 326-343.
- Fucks, E., Huarte, R., Carbonari, J. & Figini, A. (2007) Geocronología, paleoambientes y paleosuelos holocenos en la región pampeana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62, pp. 425-433.
- González, M. & Musacchio, E. (1981) Evidencias paleoclimáticas en la Salina del Bebedero (San Luis). *VIII Congreso Geológico Argentino, Actas III*, pp. 411-438. San Luis.
- Goudie, A. & Wells, G. (1995) The nature, distribution and formation of pans in arid zones. *Earth-Science Reviews* 38: 1-69.
- Iriondo, M. (1999) Climatic changes in the South American plains: Record of a continental-scale oscillation. *Quaternary International* 57/58, pp. 93-122.
- Iriondo, M. & Kröhling, D. (1995) El sistema eólico pampeano. *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florentino Ameghino", (Nueva Serie) 5*, pp. 1-68. Santa Fe.
- Iriondo, M. & Kröhling, D. (1996) Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario Superior). *XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 4*, pp. 27-48. Buenos Aires.
- Iriondo, M. & Kröhling, D. (2007) Geomorfología y sedimentología de la cuenca superior del río Salado (Sur de Santa Fe y Noroeste de Buenos Aires, Argentina). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 14, pp. 1-23.
- Kapfer, A. & Konold, W. (1993) *Seen, Teiche, Tümpel und andere Stillegewässer*. (Ed. Hutter, C.P.).  
Weitbrecht Verlag, Stuttgart. 153 pp.
- Lehmann-Nitsche, R. (1927) La caída de ceniza volcánica en la Pampa bonaerense. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 30, pp. 309-311.
- Mari, F., Fucks, E., Pisano, F., Huarte, R. & Carbonari, J. (2013) Cronología radiocarbónica en paleoambientes del Pleistoceno tardío y Holoceno de la Pampa Deprimida, provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata, Sección Antropología* 13, pp. 51-58.
- Maucha, R. (1932) Hydrochemische Methoden in der Limnologie. *Die Binnengewässer* 12, pp. 1-173. Stuttgart.
- Nabel, P. (1993) The Brunhes-Matuyama boundary in Pleistocene sediments of Buenos Aires Province, Argentina. *Quaternary International* 17, pp. 79-85.
- Nabel, P. & Valencio, D. (1981) La magnetoestratigrafía del Ensenadense de la ciudad de Buenos Aires: Su significado geológico. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 36, pp. 7-18.
- Penck, A. (1894) *Morphologie der Erdoberfläche* 2. Engelhorn Verlag. Stuttgart. 696 pp.
- Prieto, A., Blasi, A., De Francesco, C. & Fernández, C. (2004) Environmental history since 11,000 yr B.P. of the northeastern Pampas, Argentina, from alluvial sequences of the Luján River, *Quaternary Research* 62, pp. 146-161.
- Rabassa, J. (1973) Geología superficial en la Hoja "Sierra de Tandil", provincia de Buenos Aires. *Anales LEMIT, Serie II*, 240, pp. 115-160. La Plata.
- Rabassa, J. (1989) Geología de los depósitos del Pleistoceno Superior y Holoceno en las cabeceras del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires. *Actas Iras Jornadas Geológicas Bonaerenses*, pp. 765-790. (Tandil, 1985). Bahía Blanca.
- Rabassa, J. (1990) Late Pleistocene and Holocene loess in the upper Río Sauce Grande Basin, Sierra de la Ventana, Argentina. *Simposio Internacional sobre Loess, INQUA. Resúmenes Expandidos*, pp. 84-88. Mar del Plata.
- Reeves, C. (1968) *Introduction to Paleolimnology*. Developments in Sedimentology 11. Elsevier, Amsterdam, 226 pp.
- Riggi, A. (1935) Corte geológico del río Salado (Buenos Aires) y su significación en el diastrofismo pampeano. *Physis* 11, pp. 399-403.
- Riggi, J., Fidalgo, F., Martínez, O. & Porro, N. (1986) Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el partido de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41, pp. 316-333.
- Ringuelet, R. (1962) *Ecología acuática continental*. EUDEBA. Buenos Aires. 138 pp.
- Schiller, W. (1934) Lluvia de ceniza volcánica en el litoral del Río de la Plata. Caída el 11/12 de abril de 1932. *Notas Preliminares del Museo de La Plata* 3, entrega 1, pp. 89-95.
- Shaw, P. & Thomas, D. (1997) Pans, playas and salt lakes. En: Thomas, D. (Ed.). *Arid zone geomorphology. Processes, Form and Change in Drylands*, pp. 293-318. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester.

- Shaw, P. & Bryant, R. (2011) Pans, playas and salt lakes. En: Thomas, D. (Ed.). *Arid zone geomorphology. Processes, Form and Change in Ddrylands*, pp. 373-401. Wiley- Blackwell.
- Sly, P. (1978) Sedimentary processes in lakes: 65-89. En: Lerman, A. (ed.). *Lakes: chemistry, geology, physics*. Springer Verlag. New York, 380 pp.
- Smoot, J. & Lowenstein, T. (1991) Depositional environments of non-marine evaporites. En: Melvin, J. (ed.), *Evaporites, Petroleum and Mineral Resources*, pp. 189-347. Developments in Sedimentology 50. Elsevier. Amsterdam.
- Tapia, A. (1935) Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. *Boletín 40, Dirección de Minas y Geología*, Buenos Aires.
- Toledo, M. (2005) Secuencias pleistocenas "lujanenses" en su sección tipo: Primeras dataciones C<sup>14</sup> e implicancias estratigráficas, arqueológicas e históricas, Luján-Jáuregui, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60, pp. 417-424.
- Toledo, M. (2011) El legado lujanense de Ameghino: revisión estratigráfica de los depósitos pleistoceno-holocenos del valle del río Luján en su sección tipo. Registro paleoclimático en la pampa de los estadios OIS 4 al OIS 1. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 68, pp. 121-167.
- Tonni, E. & Fidalgo, F. (1978) Consideraciones sobre los cambios climáticos durante el Pleistoceno tardío-Reciente en la provincia de Buenos Aires. Aspectos ecológicos y zoogeográficos relacionados. *Ameghiniana* 15, pp. 235-253.
- Tonni, E., Huarte, R., Carbonari, J. & Figini, A. (2003). New radiocarbon chronology for the Guerrero Member of the Luján Formation (Buenos Aires, Argentina): palaeoclimatic significance. *Quaternary International* 109/110, pp. 45-48.
- Tricart, J. (1954<sup>a</sup>) Une forme de relief climatique: les sebkhas. *Révue de Géomorphologie Dynamique* 5, pp. 97-101.
- Tricart, J. (1954<sup>b</sup>) Influence des sols salés sur la déflation éolienne en Basse Mauritanie et dans le delta du Sénégal. *Révue de Géomorphologie Dynamique* 5, pp. 124-132.
- Tricart, J. (1969) Actions éoliennes dans la Pampa Deprimida (Republique Argentine). *Révue de Géomorphologie Dynamique* 19, pp. 178-189.
- Tricart, J. (1973) Geomorfología de la Pampa Deprimida. *Colección Científica del INTA* 12. Buenos Aires. 202 pp.
- Valencio, D. & Orgeira, M. (1983) La magnetoestratigrafía del Ensenadense y Bonaerense de la ciudad de Buenos Aires: Parte II. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38, pp. 24-33.
- Warren, J. (1982) The hydrological setting, occurrence and significance of gypsum in Late Quaternary salt lakes in South Australia. *Sedimentology* 29, pp. 609-637.
- Zárate, M. (2005) El Cenozoico tardío continental de la provincia de Buenos Aires. En: R. de Barrio, R. Etcheverry, R., Caballé, M. & Llambías, E. (Eds.): *Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio XVI Congreso Geológico Argentino*, pp. 139-158. La Plata.
- Zárate, M. & Blasi, A. (1993) Late Pleistocene and Holocene eolian cycle of the southern Buenos Aires province, Argentina: a preliminary model. *Quaternary International* 17, pp. 15-20.
- Zárate, M. & Tripaldi, A. (2012) The aeolian system of central Argentina. *Aeolian Research* 3, pp. 401-417.
- Zárate, M., Kemp, R., Espinosa, M. & Ferrero, L. (2000) The pedosedimentary and palaeoenvironmental significance of a Holocene alluvial sequence in the southern Pampas, Argentina. *The Holocene* 10, pp. 481-488.