

## **Geolimnología de los cuerpos lénticos de la cuenca del arroyo “La Vigilancia”, Chascomús, Provincia de Buenos Aires**

**Nauris V. Dangavs\*, Daniel O. Merlo\*\* y María L. Mormeneo\***

InCISAUA, Calle 3 n° 584, B1902CIX La Plata. Correo Electrónico: igs\_cuaternario@yahoo.com.ar  
\*Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y UNLP. \*\*CONICET y UNLP

**RESUMEN.** Se caracteriza someramente el medio físico de la región, destacándose las particularidades climáticas, fisiográficas, rasgos geomorfológicos y suelos de esta cuenca del sector sudoeste de Chascomús. Asimismo, se definen los parámetros morfológicos de los cuerpos lacustres, las características físicas, químicas y tipificación de las aguas de las lagunas Cildañez, Chica, Espadaña de Pérez y San José de la Leña, indicándose la aptitud para la vida acuática, recreación y el riego, así como la interrelación de los cuerpos de agua con las aguas subterráneas. En la zona afloran tres unidades estratigráficas, la más antigua, la Formación Buenos Aires, que constituye el sustrato regional en la cual han sido excavadas las cubetas lagunares. Encima, en discordancia erosiva, se dispone la Formación La Postrera III, donde se han desarrollado los suelos actuales. La tercera unidad está integrada por sedimentos costeros aluviales actuales, provenientes de la destrucción del relieve de deflación/acumulación de la zona. Los sedimentos colmatantes fueron evaluados en su composición textural, mineralógica y paleontológica, mediante el estudio de perforaciones, reconociéndose dos unidades bien definidas en las lagunas Cildañez, Chica y Espadaña de Pérez y cuatro en San José de la Leña. La unidad superior está integrada por sedimentos pelíticos modernos, pertenecientes al ambiente dulciacuícola actual, que hacia abajo pasan a sedimentos fangosos a fango arenosos de ambiente palustre de la Formación Luján, Miembro Río Salado del Holoceno temprano. En San José de la Leña, la tercera unidad se compone de limos arenosos verdosos con restos de fauna dulciacuícola y mixohalina, correlacionable con la Formación Luján, Miembro Lobos del Pleistoceno tardío y la cuarta por limos arenosos castaño claros con restos de organismos dulciacuícolas, asignable al Miembro La Chumbiada de la Formación Luján del Pleistoceno tardío. El origen de las cubetas lagunares estaría vinculado en San José de la Leña a fenómenos eólicos de edad “Bonaerense”, mientras que en las restantes a los episodios eólicos que excavaron cubetas y dieron lugar a los depósitos de la Formación La Postrera II o Platense eólico de Frenguelli. También se caracterizó brevemente la población de macrófitas invasoras de los espejos de agua, el régimen hidrológico y la dinámica acuática de los cuatro ambientes considerados.

**Palabras claves:** *Geolimnología, Cuaternario, Cuenca del río Salado, Chascomús, Provincia de Buenos Aires*

**ABSTRACT.** *Geolimnology of the lentic bodies of the drainage basin of Arroyo La Vigilancia, Chascomús, Buenos Aires Province, Argentina.* The southwest area of Chascomús region is characterized by important superficial aquatic resources. These integrate the drainage area of laguna Esquivel (577 km<sup>2</sup>), a tributary of the Salado River basin. This paper deals with the western end of this basin, represented by the drainage area of Arroyo La Vigilancia (99.3 km<sup>2</sup>), a water collector of the Cildáñez (0.97 km<sup>2</sup>), Espadaña de Pérez (2.9 km<sup>2</sup>), Chica (0.75 km<sup>2</sup>) and San José de la Leña (2.38 km<sup>2</sup>) "lagunas". The region climate is temperate humid, with average annual temperature of 15.6 °C, with mild winters and hot summers. Average rainfall in Chascomús is 920 mm/year (period 1888/2003), evenly distributed throughout the year. The region is a loess plain of gentle relief with a very slight slope to southeast (average slope 0.04 %). It possesses very scarce low-altitude heights, blanketed by primary Holocene loess deposits. The average altitude of the region is 14.5 m above sea level. The drainage of the area is naturally endorheic and faulty; this fact determines the stagnation of the waters, which are at present drained by artificial canals. The tributaries of the lentic environments of the system are represented mainly by artificial canals and the outflow waters is made only by canals. The 3.5 km outflow stream of laguna San José de la Leña is a canal superimposed on the primitive Arroyo La Vigilancia and constitutes the main effluent stream of the region. The canals of these lagunas have had a negative effect on these water bodies, accelerating their degradation. The lake basins are located in gentle depressions of aeolic origin, surrounded by a deflation-accumulation relief. At the present time there has been a remarkable leveling due to sheet flow toward the lake beds. This phenomenon confers a concave-convex aspect to the landscape. The convex sandy silty relief surrounds the lake basins and the concave relief, constituted by muddy materials, is the collector of water surpluses. This morphology generates hypodermic drainage from the highest sectors to the depressions. From the geomorphological point of view, these "lagunas" and their drainage basin constitute elements belonging to the geomorphologic unit of the "laguna Esquivel basin". These elements, defined by their parameters, include positive and negative erosion landforms and those of anthropic origin. The positive landforms are scarce and correspond to very gentle rises 2 m high, while the negative ones are represented by lentic basins, gentle depressions ("bajos") and small water courses. The anthropogenic landforms are canals, bridges and roads. The canals contribute with water and sediments to the lake system. The roads affect runoff as hydraulic barriers or flow paths. The geomorphologic features, the morphometric parameters and the relationship with groundwater of these lacustrine bodies allowed their classification as follows: lagunas Cildáñez and San José de la Leña are permanent lakes and lagunas Chica and Espadaña de Pérez are temporary lakes; both groups are degraded by hydrophytes, with a tendency to become a swamp. The physical and chemical water characteristics of these "lagunas" were defined, indicating their suitability for aquatic life, recreation and irrigation. Three stratigraphic units outcrop in the region; the oldest one is Buenos Aires Formation of Late Pleistocene age, which constitutes the regional substrate. It is overlain in disconformity by La Postrera III Formation of Late Holocene age, where the present soils are developed. The third unit is represented by recent alluvium coastal sediments, originated by the destruction of deflation/accumulation relief of the region. The infilling sediments of the lakes were studied by auger samples and their textural, statistical, mineralogical and paleontological parameters were assessed. Two well defined lithostratigraphic units were recognized in lagunas Cildáñez, Chica and Espadaña de Pérez and four in San José de la Leña. The upper unit is made up of pelitic sediments assigned to the present freshwater body; they are underlain by palustrine muddy sediments of the Luján Formation, Río Salado Member of the Early Holocene. In San José de la Leña, the third unit is composed of greenish sandy silts from a brackish water environment with mixohaline and freshwater

remains, correlated with the Luján Formation, Lobos Member of the Upper Late Pleistocene. The fourth unit is made up of pale brownish sandy silts with freshwater remains, assigned to the Luján Formation, La Chumbiada Member of the Late Pleistocene. The origin of the lacustrine basins would be related in laguna San José de la Leña to the aeolian events of late Pleistocene of Bonaerense age, while the origin of the other water bodies would be ascribed to an ultimate Pleistocene/Early Holocene aeolian episode which excavated basins and deposited the loess of La Postrera II Formation. The invading macrophyte populations, the hydrological regime and the water dynamics of the four water bodies were also briefly characterized.

**Key words:** *Geolimnology, Quaternary, Salado River drainage basin, Chascomús, Buenos Aires Province*

### Introducción

El sector sudoeste del partido de Chascomús se caracteriza por importantes recursos acuáticos superficiales, que integran una cuenca menor denominada “de la laguna Esquivel” de 577 km<sup>2</sup>, tributaria de la cuenca mayor del río Salado (Fig.1). La misma comprende nueve ambientes lénticos de diversa magnitud y relevancia: lagunas de Quinteros, Cildáñez, Espadaña de Pérez, Chica, San José de la Leña, El Espartillar, Las Averías, del Medio y Esquivel y cuatro ambientes lóticos, los arroyos Cañada de Oroña, El Espartillar, Los Embusteros y La Vigilancia. De todos estos ambientes, hasta ahora, se había estudiado solamente la laguna de Quinteros (Dangavs & Merlo, 1997).

El objetivo de este trabajo se centra sobre el extremo occidental de la región, representado por la cuenca (o subcuenca) del arroyo La Vigilancia, afluente de la Cañada de Oroña y colector de los desagües de las lagunas Cildáñez, Espadaña de Pérez, Chica y San José de la Leña (Figs. 1, 2). Este segundo aporte al conocimiento geolimnológico del sector sudoeste del partido de Chascomús, consiste en la evaluación de las características ambientales (físico-químicas, hidrológicas y sedimentológicas) de los cuatro biótotos mencionados y de su entorno, el estado de colmatación de las respectivas cubetas, los aspectos genéticos y sus relaciones estratigráficas.

### Metodología

Para el estudio geolimnológico se realizaron tres perforaciones a barreno de mano en los lechos de cada uno de los ambientes considerados, que en alguno de los casos alcanzaron hasta 5 metros de profundidad, así como observaciones a lo largo de la costa. Para estas tareas se utilizaron dos tipos de barrenos: barreno balde y helicoidal. La ubicación de cada sondeo se realizó mediante posicionador satelital (GPS). En el aspecto cartográfico se utilizaron fotografías aéreas en escala 1:20.000 del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), mapas topográficos e imágenes satelitales del Instituto Geográfico Militar (IGM) en escala 1:50.000. y la carta parcelaria y rural de la Dirección de Geodesia de la provincia de Buenos Aires en escala 1:25.000. Además se realizaron nivelaciones de apoyo, con arranque en puntos trigonométricos del IGM.

El estudio sedimentológico consistió en el análisis textural mediante las técnicas de Carver (1971), la clasificación textural y los parámetros estadísticos de acuerdo a los criterios de Folk (1968). La mineralogía fue analizada en microscopio binocular y petrográfico y el contenido (micro)paleontológico por microscopía binocular. Los análisis químicos del agua fueron realizados en el laboratorio C&D de La Plata.

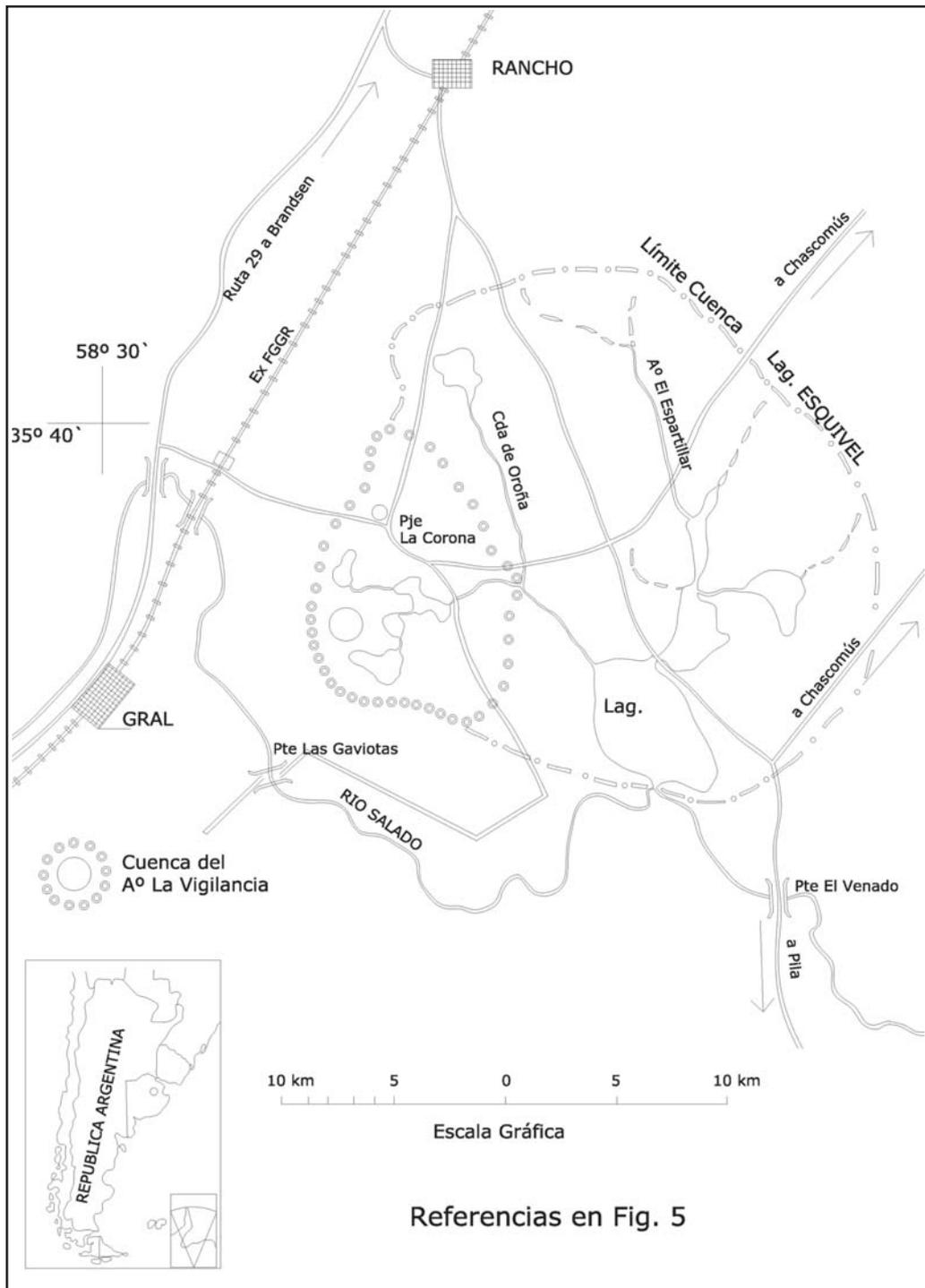
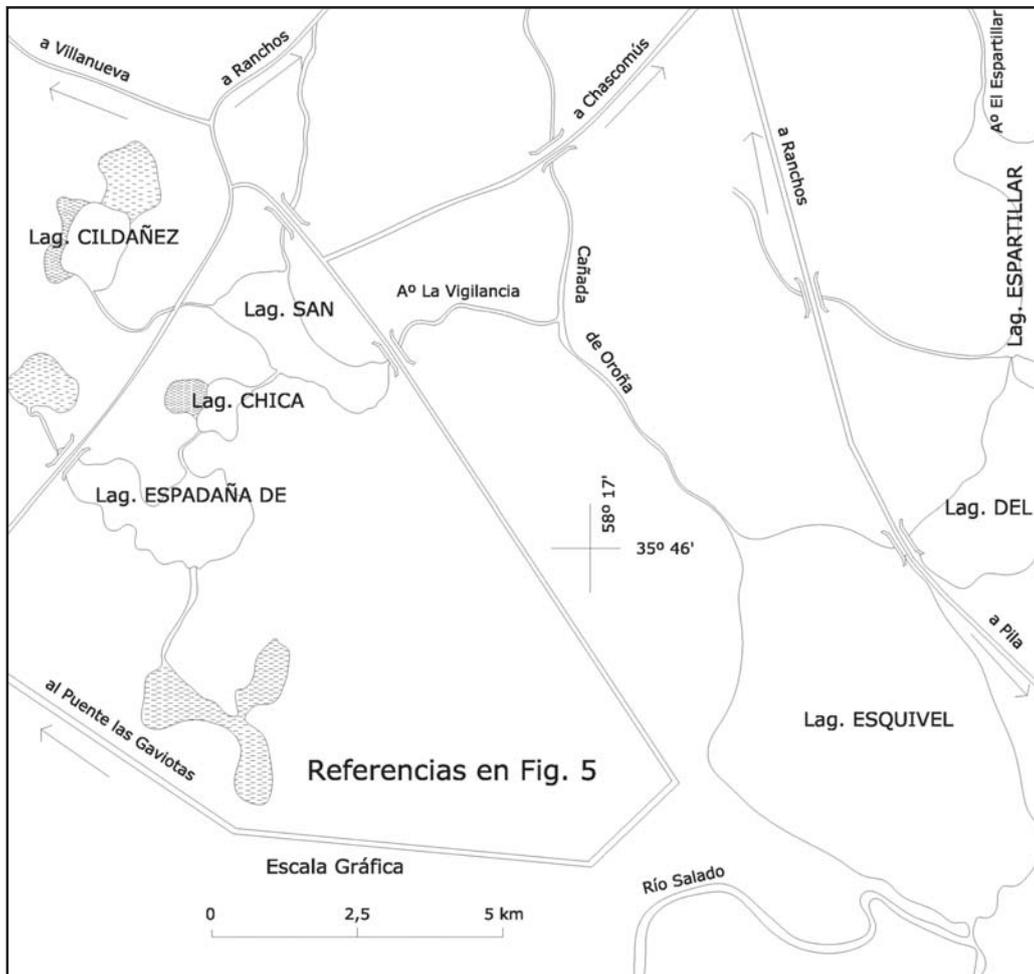


Figura 1. Croquis de ubicación de la cuenca de la laguna Esquivel



**Figura 2.** Croquis de ubicación de la cuenca del arroyo La Vigilancia

### Situación geográfica y extensión

La cuenca se encuentra en el extremo occidental del partido de Chascomús, en el “Paraje La Corona”, 10 km al ESE de Villanueva (Fig.2). La superficie de la misma es de 99,3 km<sup>2</sup> y la ubicación geográfica y extensión de cada uno de los ambientes lagunares considerados es:

Laguna Cildañez: Lat. 35° 43' 00"S y Long. 58° 22' 30"W. Situada al noroeste de la laguna San José de la Leña. Superficie: 0,97 km<sup>2</sup> (Fig.3).

Laguna Espadaña de Pérez: Lat. 35° 46' 00"S y Long. 58° 21' 30"W. Es la más austral del grupo. Superficie: 2,90 km<sup>2</sup> (Fig.4).

Laguna Chica: Lat. 35° 44' 40"S y Long. 58° 21' 00"W. Situada entre las lagunas Espadaña de Pérez al sudoeste y San José de la Leña al norte. Superficie : 0,75 km<sup>2</sup> (Fig.4).

Laguna San José de la Leña: Lat. 35° 44' 00"S y Long. 58° 20' 00"W. Es la más oriental del grupo. Superficie: 2,38 km<sup>2</sup> (Fig. 5).

La profundidad de los cuatro ambientes lagunares considerados se encuentra indicada en la Tabla 1.

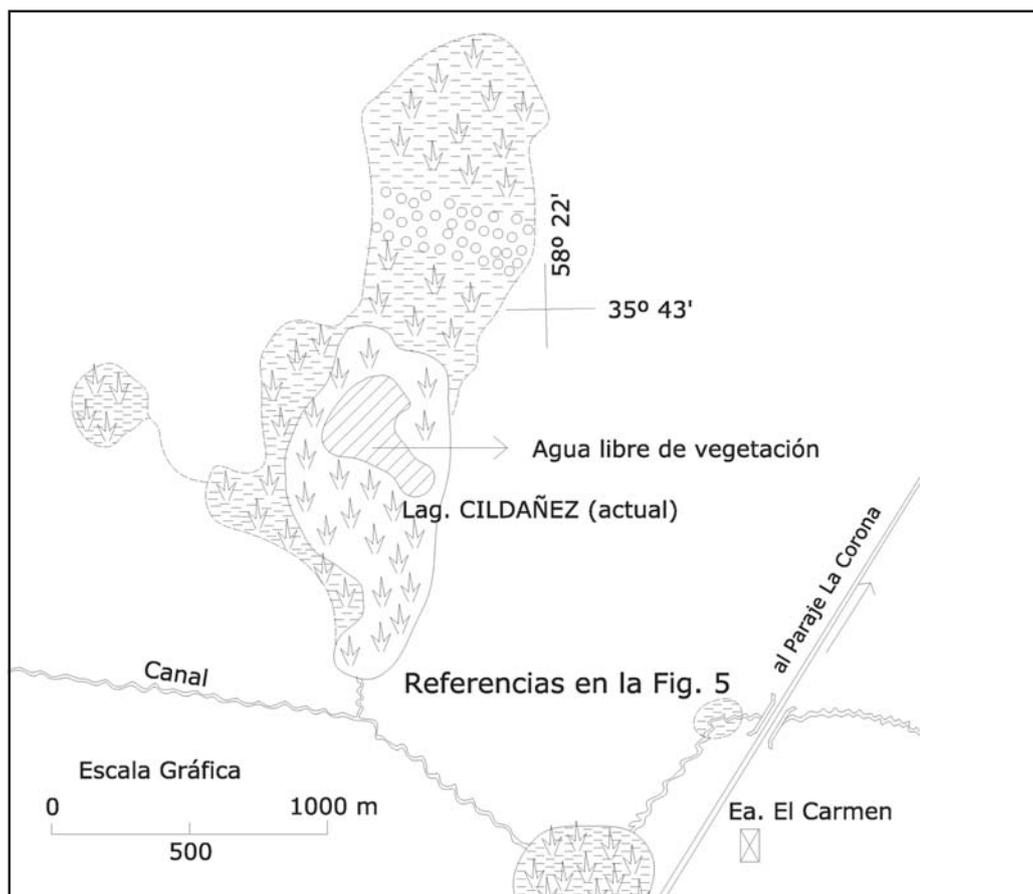


Figura 3. Croquis de la laguna Cildañez

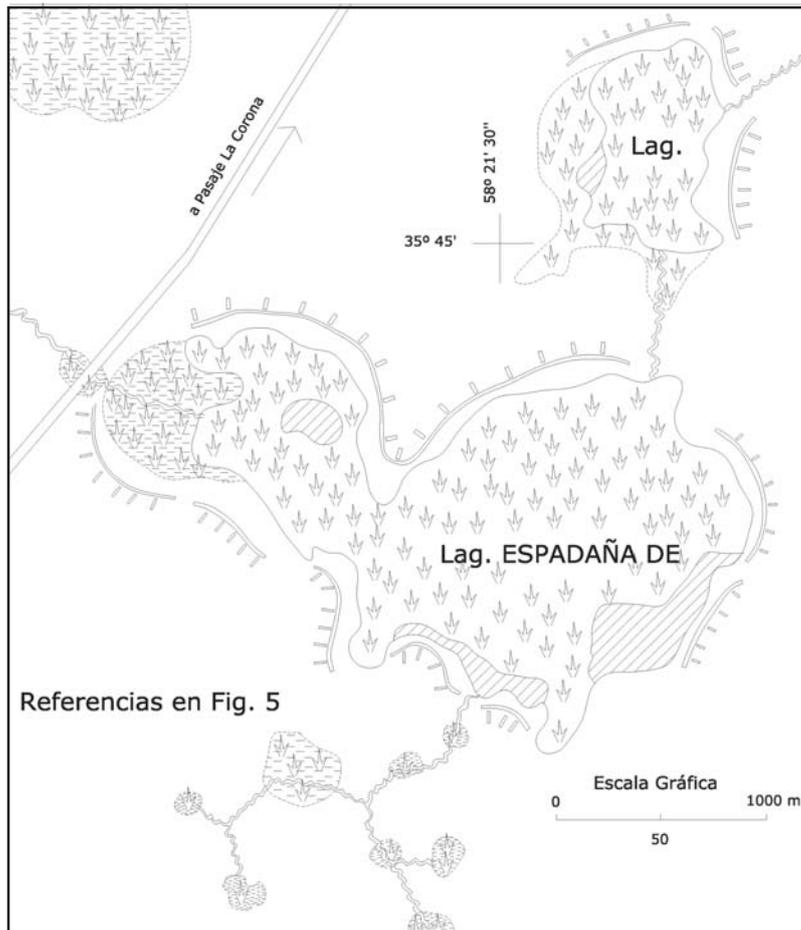
### Clima

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 (*sic* Köppen & Geiger, 1954); la temperatura media anual es de 15,6 °C, los inviernos suaves y los veranos algo calurosos.

Las lluvias en la zona son abundantes y de distribución bastante regular, pero variables en cantidad/año. Las normales de 116 años en Chascomús del período 1888/2003 alcanzan a 920 mm/año, con una media mensual de 76,7 mm, siendo el máximo y mínimo registrado en la zona de 1764 mm en 1993 y 168 mm en 1893, respectivamente (datos del Servicio Meteorológico Nacional -SMN- y Sociedad Rural de Chascomús).

A partir de 1975 se observa un notorio incremento de la pluviosidad. Así, de la media anual de 875 mm del período 1888/1974 asciende bruscamente a 1055 mm en el lapso 1975/2003, lo que representa un incremento de 21% de las precipitaciones respecto de la media histórica, coincidentes con las mayores inundaciones datadas de la región.

En general todos los meses del año registran precipitaciones, siendo la época más lluviosa el otoño (30,7% del valor anual). Los meses más secos son los del invierno (16,9%) y las lluvias de primavera y verano son abundantes (25,8 y 26,6% respectivamente). El mes más lluvioso hasta 1974 era marzo con 105 mm de promedio y el más seco julio con 52 mm. Desde 1975 se produjo el corrimiento del mes más lluvioso a abril con 130 mm y la presencia de lluvias mayores a 100 mm a lo largo de siete meses del año. Por otra parte, las lluvias de invierno se han mantenido prácticamente constantes en todo el período analizado.

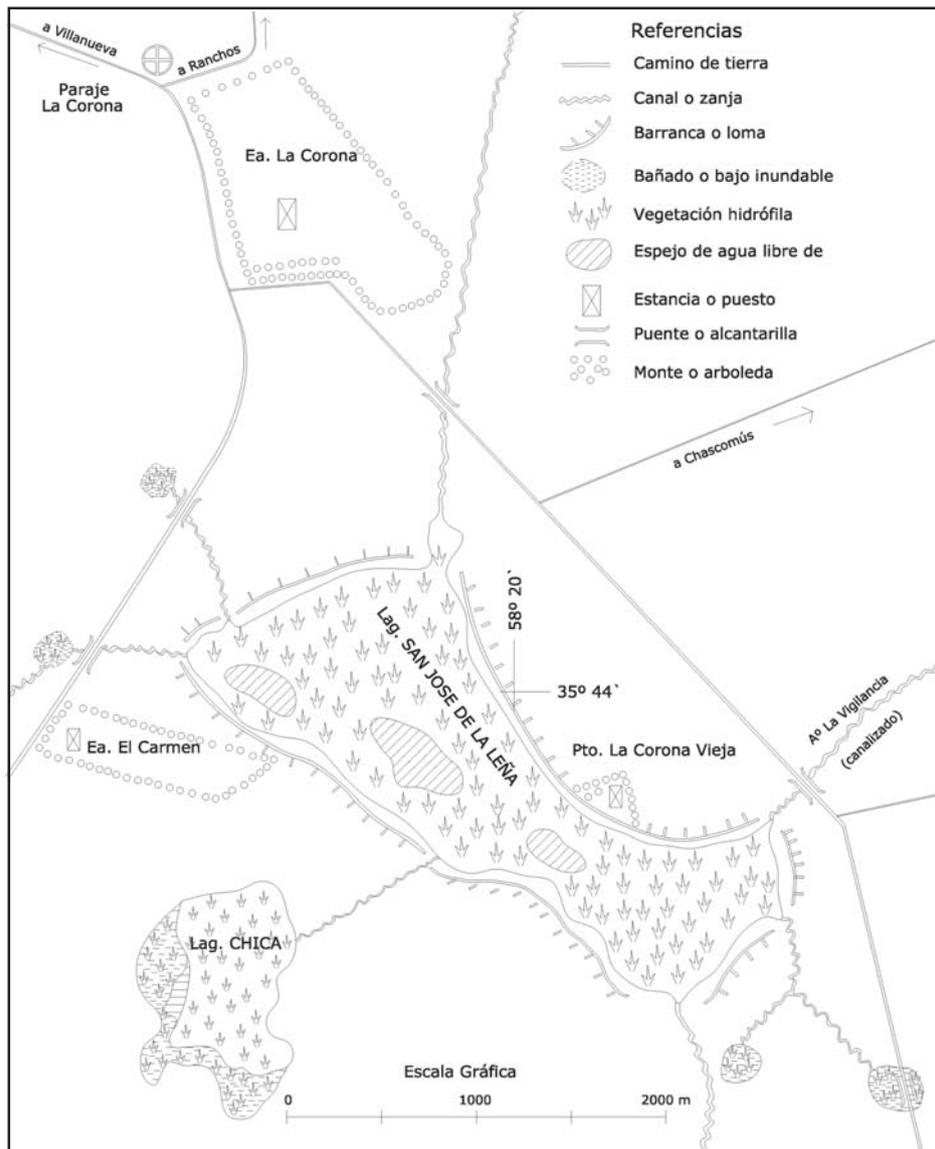


**Figura 4.** Croquis de las lagunas Chica y Espadaña de Pérez

La temperatura media anual es de  $15,6^{\circ}\text{C}$  (promedio 1901/50). El mes más frío es junio, con  $9,2^{\circ}\text{C}$  de media y el más cálido enero, con una media de  $22,4^{\circ}\text{C}$ . La temperaturas máximas absolutas de la región se sitúan entre  $40$  y  $45^{\circ}\text{C}$  y las mínimas absolutas entre  $-5$  y  $-10^{\circ}\text{C}$ .

No existen registros anemométricos en la zona, interpolándose como más próximos los datos de la estación del SMN de Las Flores. Este parámetro es determinante de bruscas oscilaciones térmicas y frecuentemente se asocia con las precipitaciones. Los vientos predominantes son del sector norte, así como del cuadrante sud/sudoeste (Pampero). El viento norte es el más frecuente en la región, haciendo sentir sus efectos principalmente en los meses de primavera/verano e incluso puede estar presente durante todo el otoño. En cualquier época del año, cuando sopla el viento norte se eleva la temperatura y humedad ambiente. El viento sud/sudoeste se caracteriza por ser seco y fresco, haciendo descender rápidamente la temperatura y la humedad; es el viento con mayor velocidad media en la región ( $20\text{ km/h}$ ), soplando generalmente después de las lluvias. Los días de calma son escasos en el promedio anual, siendo diciembre el mes más ventoso y junio el más calmo.

La evaporación media anual en la región fue determinada por el SMN en la ciudad de Chascomús (período 1946/56) mediante tanque tipo A, cuyo valor corregido alcanza a  $939\text{ mm/año}$ . Esta tasa de evaporación excede en  $74\text{ mm}$  a las normales de lluvias de dicha localidad para el mismo período ( $875\text{ mm}$ ). Este déficit hídrico señala que durante dicho período más seco que el actual, la persistencia de ambientes acuáticos en la zona (ambientes permanentes y casi-permanentes) sería indicativa de su interrelación con el régimen freático, mientras que su desaparición (ambientes temporarios) implica la cancelación de aportes, los que estarían sujetos exclusivamente al régimen pluvial. Al respecto cabe destacar que las cuatro lagunas consideradas experimentaron grandes fluctuaciones de sus



**Figura 5.** Croquis de la laguna San José de la Leña

niveles entre 1947 y 1957, siendo éstas más marcadas y prolongadas en las lagunas Chica y Espadaña de Pérez, las que incluso se secaron en 1948 y 1955/56.

### Fisiografía, geomorfología y suelos

La región se sitúa en el extremo norte de la Pampa Deprimida, formando parte del ambiente central del río Salado y del sistema de afluentes de su margen izquierda (Figs. 1, 2). La cuenca menor del arroyo La Vigilancia constituye las nacientes occidentales de la cuenca mayor de la “laguna Esquivel “ y desagua hacia dicha laguna mediante la cañada de Oroña.

El desagüe natural de esta cuenca prácticamente cesó por colmatación del antiguo arroyo La Vigilancia, produciendo su casi total aislamiento del resto de la cuenca, interrumpido sólo en las grandes crecientes. La comunicación actual se debe a la construcción de un canal, que no sólo conecta con la cañada de Oroña, sino que intercomunica además todas las lagunas del sistema. Este canal se halla sobrepuesto al antiguo cauce del arroyo, lo que determina que en las crecientes las aguas del río Salado ingresen libremente a la cañada.

La región se caracteriza por ser una llanura de loess de suave relieve y muy escasa pendiente en dirección sudeste (promedio 0,04%), aunque localmente alcanza valores entre 0,40 y 0,45 %. Posee muy escasas lomadas y de poco desarrollo altimétrico, todas ellas coronadas por depósitos de loess primario holoceno. Esta configuración marca una tendencia de la comarca al llano, lo que implica que la planicie regional, no obstante ser zona alta es propensa al encharcamiento. Esta última característica se acentúa hacia las divisorias, sobre todo en dirección NNE.

Las mayores altitudes de esta cuenca se encuentran en el sector occidental y las menores hacia el este. El área de estudio está comprendida entre las cotas de 15,0 y 17,5 m, siendo la mayor altitud 17,9 m, localizada en su extremo noroeste, en la divisoria con el sector de los derrames directos al río Salado, en proximidades de la localidad de Villanueva. La menor altitud de esta zona se encuentra en el lecho de la laguna San José de la Leña en cota 11,2 m, siendo la altitud media de la región 14,5 m.

El drenaje de la zona en general es deficiente, lo que determina el estancamiento de las aguas en diversos bajos endorreicos, los que actualmente se encuentran intercomunicados por obras de desagüe. Los tributarios de los ambientes lénticos del sistema están representados principalmente por cursos artificiales. En laguna Cildáñez, el único afluente es un bañado de unas 50 ha, situado al noroeste de la misma y que desagua en el extremo norte de la laguna, el que en caso de grandes crecientes llega a menos de 0,5 km del paraje La Corona. En Espadaña de Pérez el afluente es un canal de 2 km, que drena los bajos del sector al noroeste de la laguna y en la laguna Chica, es también un canal de unos 0,5 km, que desemboca en la costa sur y drena la laguna Espadaña de Pérez. Finalmente la laguna San José de la Leña recibe mediante varios canales las aguas de todo este sistema, así como de toda la región al norte de la laguna. En su costa centro-sud desagua un canal que drena sucesivamente las lagunas Espadaña de Pérez y Chica. En el extremo oeste desembocan varios canales, que drenan la laguna Cildáñez y en el extremo norte otro de rumbo N-S de 8 km de extensión que drena los campos de la estancia La Corona.

Los emisarios del sistema son todos canales. El de Cildáñez (Fig. 3) es de 2,8 km. Nace en su extremo sur y desemboca en el extremo occidental de la laguna San José de la Leña. El de Espadaña de Pérez (Fig. 4) es de 0,5 km, nace en el sector noreste de la laguna y desagua hacia la laguna Chica. El emisario de la Chica es de 0,6 km, se ubica en la costa noreste y desagua en la costa centro-sud de la laguna San José de la Leña (Fig. 5). En este último ambiente el emisario es de 3,5 km de largo y de rumbo noreste, que desemboca en la cañada de Oroña (Fig. 2).

Este canal sobrepuesto al primitivo arroyo La Vigilancia constituye el efluente principal de la región. Su construcción data de 1902 y se encuentra parcialmente tarquinado, lo que determina que en caso de notables crecientes rebalse formando un amplio arroyo de unos 200 m de ancho, que crea serios problemas de circulación vehicular entre Chascomús y Villanueva.

Los canales que drenan las lagunas de esta región han tenido un efecto negativo sobre estos cuerpos de agua, acelerando su degradación, dado que al deprimir el nivel natural de sus aguas han permitido la proliferación de helófitas e hidrófitas, que van transformado estas lagunas en ambientes pantanosos.

Las cubetas lagunares se encuentran alojadas en suaves depresiones de origen eólico, enmarcadas por un relieve de deflación-acumulación que otrora debería haber sido mucho más notable y del cual hay remanentes en el sudoeste de la región, fuera del ámbito de esta cuenca, en proximidades de la laguna de Rocha. En este sentido, es notoria la degradación del antiguo paisaje eólico, debido a la notable nivelación por efecto del lavado en manto hacia los lechos lagunares. Este fenómeno confiere a la zona aspecto cóncavo-convexo. El relieve convexo rodea las cubetas y se compone de sedimentos limo arenosos y el cóncavo, que oficia de colector de los excedentes hídricos, se compone de un sustrato fangoso. Esta morfología genera drenaje hipodérmico, desde los sectores más elevados a las depresiones.

Desde el punto de vista geomorfológico estas lagunas y sus áreas de aporte constituyen elementos pertenecientes a la unidad geomorfológica "cuenca de la laguna Esquivel". Estos elementos, definidos por sus parámetros, están constituidos principalmente por formas de erosión

positivas y negativas (en el sentido de los geomorfólogos alemanes) y las formas de origen antrópico. Las formas positivas son escasas y corresponden a lomadas que apenas alcanzan 2 m de altura sobre el relieve circundante. Las formas negativas están representadas por cubetas, bajos y los pequeños cursos de agua, en tanto las formas antrópicas corresponden a canales, zanjones, puentes y caminos. Los canales y zanjones representan cauces artificiales que aportan agua y sedimentos al sistema lagunar. Los caminos actúan sobre el escurrimiento superficial, por un lado, como barreras hidráulicas y por el otro, como vías de escurrimiento encauzado.

El sistema de cubetas y bajos anteriormente mencionado, pertenece según Tricart (1973) al de las formas excavadas por el viento durante períodos secos, los que en su mayoría posteriormente fueron afectados por otros fenómenos, tales como decantación, evolución en pantano o fueron ocupados por lagunas. En este sentido, los tipos de cubetas que se reconocen en la zona son:

1: Cubeta de deflación con ahogo posterior; 2: Microcubetas de deflación;

3: Microcubetas de deflación con evolución en pantano; 4: Microcubetas de deflación rellenas

El primer tipo corresponde a los receptáculos que alojan las lagunas estudiadas. El segundo constituye el rasgo geomorfológico más abundante de la comarca, consistente en pequeñas hoyas de deflación o microcubetas de forma redondeada a elíptica y perfil en forma de sartén (Pfanne), con diámetros entre 10 y 250 m, sin rebordes externos, muy escasa profundidad, de algunos decímetros y fondo chato. En general aparecen aisladas, pero también se observan las dobles y triples producidas por coalescencia. Las microcubetas suelen ser portadoras de agua superficial y subterránea hipodérmica y pueden estar colonizadas por vegetación hidrófila. La presencia de agua permanente o temporaria les confiere categoría límnic de microlimnótopos lénticos o charcas, muchas de las cuales se encuentran interconectadas mediante zanjeos. El proceso natural de relleno de estas geofomas conduce al cuarto tipo, debiéndose la sedimentación al escurrimiento fluvial no encauzado. La destrucción artificial de las mismas se produce mediante las labores agrícolas y la construcción de zanjas y canales que van eliminando paulatinamente las mismas, las que a veces se reconocen solamente en las fotografías aéreas, no así en el terreno.

El tercer tipo de cubetas se caracteriza por estar enteramente colonizado por vegetación hidrófila, lo que determina su paulatino relleno con detritos vegetales y fangos. Muchas de estas formas de relieve son eliminadas mediante la canalización.

Los "bajos" de la cuenca se encuentran formando suaves depresiones no pantanosas, que se diferencian de las áreas vecinas por su posición topográfica, drenaje centrípeto y por la vegetación algo más hidrófila. Estas formas se encuentran íntimamente asociadas a las microcubetas e incluso en algunos casos las incluyen total o parcialmente. Pensamos que las mismas representan más bien formas degradadas no rellenas de microcubetas coalescentes y/o cubetas embrionarias.

Los suelos de la zona, de acuerdo a la cartografía del INTA (1989) corresponden al área terminal de las llanuras onduladas, cuyo límite sur es el río Salado. El paisaje se conforma por planicies altas planas a levemente onduladas y depresiones con numerosos ambientes lénticos. En las posiciones más altas y planas se desarrollaron Argiudoles ácuicos; mientras que en las lomas junto a las cubetas se encuentran Hapludoles tpto-árgicos y en las márgenes de cubetas y áreas encharcables Natrudalfes típicos. Los suelos menores que acompañan estas asociaciones y/o consociaciones se encuentran presentes principalmente en las zonas inundables y en las vías de escurrimiento; están representados por Natracualfes típicos y Natracuoles típicos.

La pedogénesis se realizó en dos materiales distintos. El sedimento de mayor edad, situado en la base del relieve positivo es franco arcilloso y con abundante carbonato de calcio. Este depósito corresponde al loess de la Formación Buenos Aires (Riggi et al., 1986). Sobre el anterior se acumuló un sedimento eólico poco potente (hasta 0,6 m) de textura franco arenoso y sin carbonatos, correspondiente a la Formación La Postrera III (Fidalgo, 1990).

Las limitaciones del uso del suelo más características son el anegamiento y la presencia de altos contenidos de sodio intercambiable desde la superficie. Los suelos con moderadas limitaciones de uso para cultivos (Clase IIIws del USDA), se encuentran en las proximidades de las lagunas

San José de la Leña y Chica, mientras que los suelos con severas limitaciones para los cultivos (Clase IVws) se sitúan principalmente en la zona de la laguna Cildáñez y finalmente, los suelos no aptos para cultivos, limitados a praderas naturales con posible mejoras (Clase VIws) se encuentran en toda la periferia de la laguna Espadaña de Pérez.

### Morfología y características geolimnológicas

Estos ambientes lénticos se encuentran alojados en suaves depresiones (cubetas) en forma de palangana, mucho mayores que las lagunas que contienen, cuyo fondo casi horizontal, pasa insensiblemente a la pendiente, que remata en la planicie circundante, conformando el característico perfil en Pfanne (sensu Penck, 1913). Las peculiaridades apuntadas determinan, en su gran mayoría, costas bajas con suave pendiente hacia las lagunas. Como las lagunas no ocupan toda la cubeta que las contiene, se sitúan normalmente entre 100 y 330 m de su perímetro exterior, determinando la formación de amplias playas cubiertas por gramíneas y manchones de helófitas.

La laguna Cildáñez (Fig. 3) posee forma ovoidal subredondeada, levemente alargada y orientada en dirección casi norte-sur. Su contorno es bien definido, con costas bajas y sin barrancas. La depresión que la contiene es alargada en sentido sudoeste-noreste (1,9 km) y la laguna ocupa sólo la porción sudoeste, mientras que el sector noreste se encuentra naturalmente colmatado y posteriormente arbolado que constituye un monte de 12 ha. Asimismo, en el sector sudoeste no toda la cubeta es ocupada por la laguna, sino tan solo la parte central, lo que determina amplios sectores costeros edafizados que forman playas de variado desarrollo. Estas playas son de muy escasa pendiente y solamente en su porción más externa suelen presentar un “knick”, donde se establece una clara diferencia entre el borde de cubeta y el sector lagunar.

Dado que la cubeta lagunar se halla en el fondo de una suave depresión, la costa propiamente dicha se encuentra entre 1 y 1,4 m por encima del nivel del agua y sin desarrollo de barrancas. De ahí que la costa está representada por una faja de terreno firme y de suave pendiente, cuya anegabilidad está supeditada al nivel de la laguna. Esta palangana es de poco desarrollo vertical, siendo el desnivel máximo de 1,15 m, comprendido entre el lecho lagunar en cota 13,35 m y la planicie circundante en cota 14,5 m. Por otra parte, la cubeta primitiva era apenas 1,3 m más profunda, con su piso en la cota de 12,05 m y rellenada posteriormente por sedimentos lagunares.

La laguna Espadaña de Pérez (Fig. 4) se encuentra alojada en una depresión muy suave en forma de batea, limitada por la cota de 14,5 m. La cubeta que la contiene es amplia, muy poco definida y sin barrancas, no obstante lo cual, en todo su perímetro presenta una clara línea de costa, cuya posición es señalada por la presencia de helófitas. Su forma es irregular, alargada en sentido noroeste-sudeste, con su cuerpo principal desarrollado en el sector sudeste. La misma no ocupa toda la depresión que la contiene, lo que determina una amplia franja costera que rodea toda la laguna, tal que, del borde de la laguna actual hasta el borde de la cubeta primitiva suele haber 250 m de distancia, lo que representa una superficie adicional de 180 ha, que funciona solamente como laguna durante las grandes crecientes.

La laguna Chica (Fig. 4) se aloja en una pequeña cubeta poco definida, situada en el fondo de un Pfanne o palangana bastante mayor. El borde externo de dicha palangana ha perdido contacto con la laguna propiamente dicha. La cubeta es actualmente una suave depresión de fondo chato y escasa profundidad. La forma es subtriangular de vértices redondeados. Esta laguna no posee barrancas y sus costas son bajas, sin entalladuras que representen niveles de retroceso. En la actualidad, la línea de costa está limitada a la cota de 14 m, indicada por la presencia de juncales; donde éstos faltan, se pasa insensiblemente de la laguna al campo que la circunda.

La laguna San José de la Leña (Fig. 5) se encuentra alojada en una depresión en forma de cubeta, algo más profunda que las restantes del grupo. Su contorno es bien definido y la forma es alargada (NO-SE) subrectangular y de extremos redondeados. El fondo de la misma es chato, lo que le confiere a la misma perfil en palangana. La costa de la laguna posee barrancas en casi todo

su perímetro recubiertas por suelo y pastizales. En la costa norte y en algunos tramos de la costa noreste la altitud de las barrancas alcanza el metro, la que disminuye hacia el sudeste. Salvo en crecientes, el borde lagunar actual está separado de la línea de barrancas por una franja de playa edafizada cubierta por vegetación de pradera y ciperáceas. Este proceso ha determinado que algunos sectores de las barrancas tengan perfil tendido, mientras que otros mantienen su desarrollo vertical. Por otra parte, la costa baja e inundable tiene escaso desarrollo, asociándose a las desembocaduras de los canales que drenan los diferentes ambientes de la cuenca.

Los parámetros morfométricos de las cuatro lagunas consideradas han sido representados en la Tabla 1, siguiendo los criterios establecidos por Dangavs (1976).

### Clasificación limnológica

El contorno de las cubetas es bien definido, asimilables a una palangana en las lagunas Cildáñez y San José de la Leña, poco definido en la laguna Chica e indefinido en la laguna Espadaña de Pérez, situadas estas dos últimas en el fondo de un Pfanne bastante mayor, que ha perdido contacto con las lagunas mencionadas. Todas son de escasa profundidad y de aportes ácuos inestables, que determina amplias variaciones de volumen, no obstante lo cual son de régimen permanente las lagunas Cildáñez y San José de la Leña. Además poseen sedimentos propios, abundante hidrofítia y procesos de acumulación autóctonos, todo lo cual nos permite definir las como:

Lagunas permanentes degradadas por hidrofítia, con tendencia al pantano: Cildáñez y San José de la Leña.

Lagunas temporarias degradadas por hidrofítia, con tendencia al pantano: Chica y Espadaña de Pérez.

**Tabla 1.** Parámetros morfométricos de lagunas de la cuenca del Arroyo La Vigilancia. Referencias: Lmt: longitud máxima total y dirección; Amx: ancho máximo y dirección; Amd: ancho medio; E: elipsidad; P: perímetro; D: desarrollo de línea de costa; S: superficie; Sc: superficie de cuenca de aporte; V: volumen; Pmx: profundidad máxima; Pmp: profundidad máxima potencial; Pmd: profundidad media.

| Ambiente                       | Lmt<br>(m)    | Amx<br>(m)   | Amd<br>(m) | E    | P<br>(km) | D    | S<br>(ha) | Sc<br>(km <sup>2</sup> ) | V<br>(hm <sup>3</sup> ) | Pmx<br>(m) | Pmp<br>(m) | Pmd<br>(m) |
|--------------------------------|---------------|--------------|------------|------|-----------|------|-----------|--------------------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| Cildáñez<br>(en cota 14,2m)    | 1260<br>(NE)  | 720<br>(NO)  | 555        | 0,43 | 4,0       | 1,15 | 97        | 36,2                     | 0,51                    | 1,05       | 2,1        | 0,73       |
| Espadaña de Pérez<br>(14,0 m)  | 2840<br>(NO)  | 1620<br>(NE) | 1021       | 0,43 | 9,2       | 1,52 | 290       | 23,5                     | 1,10                    | 1,0        | -          | 0,40       |
| Chica<br>(13,9 m)              | 1500<br>(N-S) | 880<br>(E-O) | 500        | 0,41 | 4,0       | 1,30 | 75        | 6,6                      | 0,31                    | 0,70       | -          | 0,40       |
| S. José de la Leña<br>(12,5 m) | 3540<br>(NO)  | 1460<br>(NE) | 836        | 0,59 | 8,7       | 1,59 | 238       | 33,2                     | 2,3                     | 1,30       | 2,6        | 0,80       |

### Caracteres físico-químicos del agua

#### Características físicas

Las aguas de estos ambientes lénticos son límpidas, con excepción de la laguna Chica, que presenta cierta turbidez. La coloración del agua en probeta es amarillenta. En la naturaleza la coloración es castaño amarillento y la transparencia depende del sitio de muestreo y de las condiciones climáticas.

En aguas libres de hidrófitas la transparencia medida con el disco de Secchi es 0,40 m en la laguna Cildáñez, mientras que en la Espadaña de Pérez, este parámetro es variable. Así, donde

existe cubierta de vegetación flotante, la visibilidad es mínima: 0,16 m, determinada por la gran cantidad de detritos en suspensión. En los claros menores, la visibilidad alcanza a 0,22 m y en los sectores de aguas libres llega a 0,40 m. Por otro lado, en la laguna Chica la transparencia es mínima con sólo 0,10 m en aguas de 0,5 m de profundidad y en la laguna San José de la Leña la misma alcanza a 0,38 m.

Los registros de temperatura de agua son escasos y corresponden al 16-1-01 y 10-12-99 (Tabla 2). En dicha tabla se observa una amplitud térmica aire-agua mínima de 2,0 °C y máxima de 7,9 °C. También se registró en la laguna San José de la Leña un valor anómalo de 4,2° C de temperatura del agua mayor a la del aire.

Por otra parte, el registro de estratificación térmica máxima y mínima se observó en el mismo ambiente (Espadaña de Pérez), con 4,3 °C y 0,6 °C respectivamente. Estos datos corresponden a estratificación mínima en aguas abiertas y máxima en sectores con carpeta de vegetación flotante. En la laguna San José de la Leña, en área de juncales, la estratificación presenta un valor intermedio (1,9 °C).

### Características químicas

Fueron establecidas mediante una o dos muestras de agua de cada ambiente, obtenidas en verano (enero) y fines de la primavera (diciembre) a profundidad de 0,5 m (Tabla 3).

Para visualizar las relaciones químicas, comparar las aguas analizadas y establecer los tipos de aguas superficiales presentes en el área, hemos utilizado el diagrama en cuadrado de Tolstikhin (Fig. 6) expresado en miliequivalentes por litro.

**Tabla 2.** Temperatura de agua/aire de las lagunas de la cuenca del Arroyo La Vigilancia

| Ambiente            | Fecha    | Hora  | T °C Aire | T °C Agua | Prof. (m) | T °C Aire/Agua | Estrat. Térmica | Observaciones    |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------------|------------------|
| Cildáñez            | 16-01-01 | 19:00 | 26,2      | 23,8      | 0,20      | 2,4            | -               | Aguas abiertas   |
| Espadaña de Pérez   | 10-12-99 | 13:30 | 33,4      | 27,0      | 0,05      | 6,4            | -               | Aguas abiertas   |
|                     | 10-12-99 | 13:30 | 33,4      | 26,4      | 1,00      | 7,0            | 0,6             | Aguas abiertas   |
|                     | 10-12-99 | 13:30 | 33,4      | 29,8      | 0,05      | 3,6            | -               | Carpeta flotante |
|                     | 10-12-99 | 13:30 | 33,4      | 25,5      | 0,70      | 7,9            | 4,3             | Carpeta flotante |
| Chica               | 10-12-99 | 11:10 | 33,0      | 27,8      | 0,50      | 5,2            | -               | Espadañal        |
| San José de la Leña | 16-01-01 | 18:00 | 27,0      | 31,2      | 0,10      | -4,2           | -               | Juncal           |
|                     | 10-12-99 | 14:30 | 34,0      | 32,0      | 0,10      | 2,0            | -               | Juncal           |
|                     | 10-12-99 | 14:30 | 34,0      | 30,1      | 0,50      | 3,9            | 1,9             | Juncal           |

Las características generales y comunes de estas aguas residen en los siguientes aspectos :

a.- Todas son aguas dulces a salobres. La salinidad se encuentra entre 390 y 4.140 mg/L, correspondiendo estos valores a aguas hipohalinas y oligohalinas.

b.- La conductividad específica es alta en las muestras de las lagunas Chica y San José de la Leña, mediana en la laguna Cildáñez y baja en la Espadaña de Pérez. Estos datos concuerdan con los valores de salinidad.

c.- Salvo la muestra de la laguna Cildáñez, que es levemente ácida (6,6), el pH de las restantes muestras es levemente alcalino (7,5-8,5).

d.- Estas aguas carecen de carbonatos, estando la alcalinidad determinada exclusivamente por los bicarbonatos. Las aguas de estos ambientes son de tipo hemibicarbonatadas a bicarbonatadas.

e.- El catión dominante en todos los ambientes es el sodio. El potasio es intrascendente.

f.- El anión dominante es el cloruro en las lagunas Cildáñez y Chica y el bicarbonato en las restantes.

g.- El anión sulfato tiene amplia variación dentro del rango de aguas hiposulfatadas a hemisulfatadas, en el sentido de Maucha (1932).

h.- La dureza total, expresada en grados franceses (°F) indica aguas levemente duras en la laguna Espadaña de Pérez, moderadamente duras en Cildáñez y San José de la Leña y muy duras en laguna Chica.

i.- La relación  $rMg^{+2}/rCa^{+2}$  es normal para aguas continentales, salvo en laguna Chica, donde los valores son más altos (2,13-2,62), lo que se relaciona con la tendencia al aislamiento de este ambiente.

j.- Los datos de la relación  $rCl/rCO_3^{-2} + HCO_3^{-}$ : 0,15-1,40, corresponden a aguas continentales normales.

Cabe destacar que las características hidroquímicas generales de los ambientes considerados son análogas a las determinadas por Miretzky et al. (2000) para la cuenca inferior del río Salado, sobre todo en aquellos cuerpos de agua alimentados por el agua freática (principalmente San José de la Leña y en menor grado Cildáñez).

**Tabla 3.** Planilla comparativa de análisis químicos de agua (en mEq/L). Referencias: M1: Cildáñez; M2: Espadaña de Pérez; M3 y M4: Chica; M5 y M 6: San José de la Leña. Observaciones: Las muestras 3 y 5 representan niveles de estiaje.

| M | Fecha    | pH  | RS<br>mg/L | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> | Na+  | K+  | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Dureza<br>°F |
|---|----------|-----|------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|------|-----|------------------|------------------|--------------|
| 1 | 16/01/01 | 6,6 | 534        | 3,7                           | 4,3             | 1,6                          | 4,1  | 0,6 | 0,9              | 1,2              | 10,5         |
| 2 | 10/12/99 | 7,5 | 390        | 2,8                           | 1,8             | 0,3                          | 4,5  | 0,5 | 0,6              | 0,61             | 6,1          |
| 3 | 16/01/01 | 8,5 | 4140       | 14,1                          | 37,0            | 8,3                          | 49,3 | 1,7 | 3,6              | 4,7              | 41,5         |
| 4 | 10/12/99 | 7,7 | 1280       | 4,8                           | 10,2            | 3,2                          | 15,5 | 0,6 | 2,0              | 0,6              | 23,0         |
| 5 | 16/01/01 | 8,0 | 1640       | 12,4                          | 8,8             | 2,6                          | 17,4 | 0,7 | 2,7              | 2,3              | 17,4         |
| 6 | 10/12/99 | 8,2 | 1160       | 6,0                           | 8,4             | 1,4                          | 15,0 | 0,4 | 1,2              | 0,6              | 19,2         |

## Tipificación

Las aguas de estos ambientes lénticos son hipohalinas en las lagunas Cildáñez y Espadaña de Pérez y oligohalinas en las otras dos. La amplitud de variación anual del residuo sólido establecida para las lagunas Chica y San José de la Leña, no excede los límites de la categoría, lo que determina la inclusión de ambas en la categoría de lagunas oligohalinas oligopoiquilohalinas, de acuerdo al sistema de Aguesse (1957), modificado por Ringuelet (1962) y Ringuelet et al. (1967). Las aguas de los otros dos ambientes no fueron categorizadas por carecerse de datos comparativos.

En función de la cantidad relativa de iones, según los criterios de la limnología europea expresados por Maucha (1932), el agua de estos ambientes lénticos se puede tipificar como:

1.-Cildáñez: Clorurada sódica bicarbonatada, hemisulfatada, hemimagnésica y oligocálcica.

2.-Espadaña de Pérez: Bicarbonatada sódica, clorurada, hiposulfatada, oligocálcica y oligomagnésica.

3.-Chica: Clorurada sódica hemibicarbonatada a bicarbonatada, hemisulfatada, hipo a hemicálcica e hipo a oligomagnésica.

4.-San José de la Leña : Bicarbonatada sódica clorurada a clorurada sódica bicarbonatada, oligosulfatada, hipo a oligomagnésica y oligocálcica.

A su vez, en base al diagrama de Tolstikhin (Fig. 6), estos cuatro tipos de agua se encuadran en tres grupos principales de aguas: I: bicarbonatada sódica clorurada, II: clorurada sódica bicarbonatada y III: clorurada sódica hemi a bicarbonatada.

## Aptitud para actividades recreativas y protección de la vida acuática

De las muestras de los cuatro ambientes no se desprende la existencia de contaminación (Tabla 4); además los parámetros ambientales considerados indican que las aguas de estas lagunas

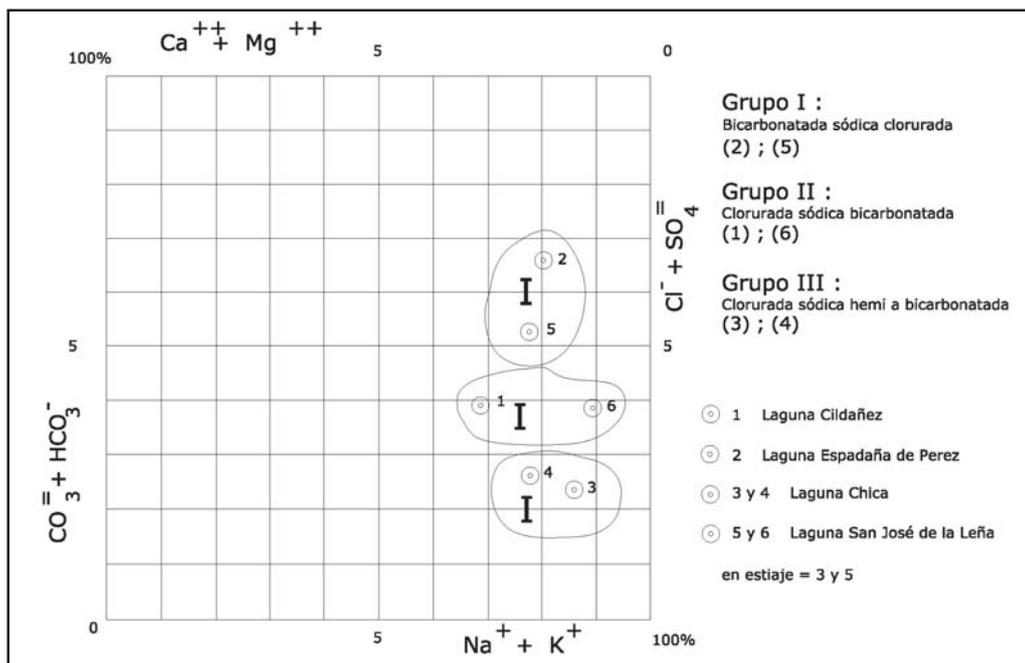


Figura 6. Características hidroquímicas generales de la cuenca del arroyo La Vigilancia

Tabla 4. Parámetros químicos ambientales. Referencias: MO: materia orgánica; DBO: demanda biológica de oxígeno; P total: fósforo total

| Laguna       | MO<br>mg/L | DBO<br>mg/L | N org.<br>mg/L | Amonio<br>mg/L | Nitrato<br>mg/L | P total<br>mg/L | Pb<br>µg/L | Hg<br>µg/L | Cr<br>µg/L | Cd<br>µg/L |
|--------------|------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 Cildañez   | 91         | 4,5         | 2,20           | <0,1           | 0,017           | 0,18            | <1         | <0,1       | <2         | <0,2       |
| 2 Chica      | 199        | 6,2         | 2,52           | 0,12           | 0,028           | 0,20            | <1         | <0,1       | <2         | <0,2       |
| 4 Esp. Pérez | 138        | 9,8         | 2,86           | 0,10           | 0,020           | 0,15            | <1         | <0,1       | <2         | <0,2       |
| 6 S.J. Leña  | 110        | 7,5         | 2,95           | 0,11           | 0,020           | 0,15            | <1         | <0,1       | <2         | <0,2       |

se hallan dentro de los límites aceptables por las normas vigentes (Ley 24.051) y que su poder autodepurador se halla intacto.

### Aptitud para riego

En general, el análisis de una sola muestra de agua superficial es insuficiente para dictaminar sobre su posible uso para riego (caso de las lagunas Cildañez y Espadaña de Pérez), puesto que se deben considerar otros factores, como la permeabilidad y calidad del suelo, tipo de cultivo, sistemas de riego, etc. (Custodio y Llamas, 1976).

Existen muchas clasificaciones para aguas de riego, exponiendo por su generalidad las que definen el peligro de salinidad y del sodio, de acuerdo a los criterios del U.S. Salinity Laboratory Staff (Richards, 1974).

Para aplicar el criterio de peligro de salinidad, se utiliza la concentración total de sales solubles expresada mediante la conductividad eléctrica (C.E.) en microsiemens por cm (mS/cm) a 25 °C. De este modo, las aguas para riego se dividen en cuatro clases cuyos límites son: baja salinidad (C1): <250; mediana salinidad (C2): 250-750; altamente salina (C3): 750-2.225 y muy altamente salina (C4): > 2.250 mS/cm. De acuerdo a los valores de conductividad, los tipos de agua de estos ambientes se indican en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Tipos de agua según su conductividad, expresada en mS/cm a 25 °C

| Muestra                | Conduct. | Valor |
|------------------------|----------|-------|
| 1. Cildáñez            | 750      | C2    |
| 2. Espadaña de Pérez   | 260      | C2    |
| 3. Chica               | 4620     | C4    |
| 4. Chica               | 1370     | C3    |
| 5. San José de la Leña | 1733     | C3    |
| 6. San José de la Leña | 1220     | C3    |

**Tabla 6.** Tipos de agua, según su valor RAS

| Muestra                | RAS  | Valor | Peligro de Na | Nivel Lagunar |
|------------------------|------|-------|---------------|---------------|
| 1. Cildáñez            | 4,0  | S1    | Bajo          | Normal        |
| 2. Espadaña de Pérez   | 5,8  | S1    | Bajo          | Normal        |
| 3. Chica               | 24,1 | S3    | Alto          | Estiaje       |
| 4. Chica               | 13,6 | S2    | Medio         | Normal        |
| 5. San José de la Leña | 15,8 | S2    | Medio         | Estiaje       |
| 6. San José de la Leña | 11,9 | S2    | Medio         | Normal        |

Para conocer el peligro de sodio se utiliza la concentración relativa del sodio con respecto del calcio y magnesio, denominado índice RAS o razón de adsorción de sodio, donde los iones están expresados en miliequivalentes por litro, i.e:  $RAS = Na^+ / (Ca^{++} + Mg^{++}) / 2$

La clasificación según el RAS se basa en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. Para que este índice sea representativo, no deben producirse precipitaciones de sales cálcicas o magnésicas como consecuencia de la evapotranspiración. De acuerdo a ello, las clases que indican el peligro de sodio en aguas de riego son: bajo (S1): <10; mediano (S2): 10-18; alto (S3): 18-26 y muy alto (S4): >26. En esta cuenca se hallan presentes los tipos de aguas indicados en la Tabla 6.

Las relaciones utilizadas para expresar el peligro de salinidad y de la actividad relativa de los iones sodio en las reacciones de intercambio con el suelo, expresadas de acuerdo al U.S. Salinity Laboratory Staff (Richards, 1974), señalan que las aguas de estas lagunas se encuadran en las clases indicadas en la Tabla 7.

Cabe destacar, que no obstante que las aguas de las lagunas Cildáñez y Espadaña de Pérez se encuadran en el tipo C2-S1, ambas representan los extremos opuestos de referencia de dicha clase. En este sentido, el uso del agua para riego de la laguna Espadaña de Pérez es la que presenta el menor riesgo ambiental en la cuenca, dado su escaso contenido salino (agua hipohalina), que determina un mínimo peligro de alcalinización y salinización del suelo. Sin embargo, es de señalar que los suelos del área de esta última laguna no son agrícolas, sino de pastoreo (Clase VIws del USDA).

**Tabla 7.** Clases de aguas en función de CE y RAS

| Laguna                    | Clase | Característica  |
|---------------------------|-------|---|
| 1. L. Cildáñez            | C2-S1 | Peligro de sodio bajo.<br>Peligro de salinidad medio    |
| 2. L. Espadaña de Pérez   | C2-S1 | Peligro de sodio bajo.<br>Peligro de salinidad medio    |
| 3. L. Chica: nivel normal | C3-S2 | Peligro de sodio medio.<br>Peligro de salinidad alto    |
| 4. L. Chica: estiaje      | C4-S4 | Peligro de sodio alto.<br>Peligro de salinidad muy alto |

## **Agua freática y su interrelación con las lagunas**

La profundidad del agua freática se determinó mediante freatimetría en las proximidades de las orillas de cada ambiente. Del estudio realizado surge que solamente San José de la Leña es una laguna freática, donde las oscilaciones del nivel lagunar se realizan simultáneamente con el movimiento del nivel freático, salvo las diferencias determinadas por la permeabilidad del medio poroso donde se aloja, mientras que en los restantes ambientes, el nivel freático no intersecta el nivel lagunar, sino que se encuentra por debajo del mismo, conformando dos sistemas hidrológicos independientes y aislados, separados mediante una capa o lente arcillosa en que se apoyan estos biótopos. Las observaciones corresponden a la misma fecha (30-3-2000); en Cildáñez el pelo de agua de la laguna se hallaba 0,95 m sobre el nivel freático, en Espadaña de Pérez 0,60 m y en la laguna Chica 0,55 m. Por otra parte, en el freatómetro instalado en la costa norte de la laguna San José de la Leña, el nivel freático era positivo respecto del nivel lagunar (+ 0,35 m).

La anomalía observada está determinada por la presencia en los lechos lagunares de material arcilloso que reviste los fondos, dificultando la percolación en profundidad de las aguas, lo que determina que en estos ambientes la altura del agua no sea regulada mayormente por el nivel freático, sino que funcionan como estanques, alimentados por los excesos pluviales y freáticos de la zona y el escurrimiento hipodérmico de los sectores aledaños más altos. A su vez, el carácter temporario de las lagunas Espadaña de Pérez y Chica avalarían esta característica, mientras que para la laguna Cildáñez, su carácter permanente no descarta la existencia de sectores del lecho menos arcillosos o incluso directamente sin dicha capa, que provocaría el ascenso y surgencia de agua freática en forma de manantiales en su seno, no obstante mantener el carácter de laguna colgada (cf. Fig 7).

## **Estratigrafía y sedimentología**

### **Sedimentos superficiales**

La región se encuentra emplazada en terrenos continentales cuaternarios, sin afloramientos importantes en la zona, lo que limita la observación directa a cortes artificiales en canales y caminos, barrancas de arroyos y playas lagunares y la indirecta, mediante perforaciones a barreno. Cabe destacar que en estas lagunas prácticamente no existen afloramientos en barrancas, debido a su ausencia o por la cubierta vegetal. No obstante ello, en los terrenos que bordean las lagunas se reconocen tres unidades litoestratigráficas superpuestas y una unidad paleoedáfica (Tabla 8, Figs. 7, 8).

La inferior, que en profundidad se apoya sobre la Formación Ensenada (Riggi et al., 1986), constituye el sustrato de la región. De esta unidad se observa solamente un metro de su porción cuspidal en exposiciones artificiales de caminos y algunos decímetros de su espesor en la costa noroeste de la laguna San José de la Leña. La misma, por su posición estratigráfica y características litológicas se asigna a la Formación Buenos Aires (Riggi et al., 1986) de edad Pleistoceno tardío, en la cual fueron excavadas las someras cubetas lagunares de Cildáñez, Chica y Espadaña de Pérez (Fig. 7); en tanto, en San José de la Leña la cubeta es más profunda y su lecho primitivo está constituido por depósitos de las Formaciones Buenos Aires y Ensenada (Fig. 8). Estos últimos sedimentos no aflorantes no han sido considerados en el trabajo.

Los depósitos de la Formación Buenos Aires son de aspecto loésico, integrados por sedimentos friables, migajosos, de color castaño amarillento (10YR 5/4) a castaño muy pálido (10YR 7/4, en seco), portadores de muñecos de carbonato de calcio. La composición textural del conjunto es limo arenosa, siendo la relación media de arena:limo:arcilla de 23:58:18, respectivamente, y la distribución granulométrica bimodal (4,5 y 12 f), con la moda principal en el limo grueso (24%) y admixturas proximales gruesas (12%) y finas (10%). La moda secundaria se encuentra en la arcilla coloidal (11,5%). La dispersión de los tamaños respecto de la media gráfica phi es muy

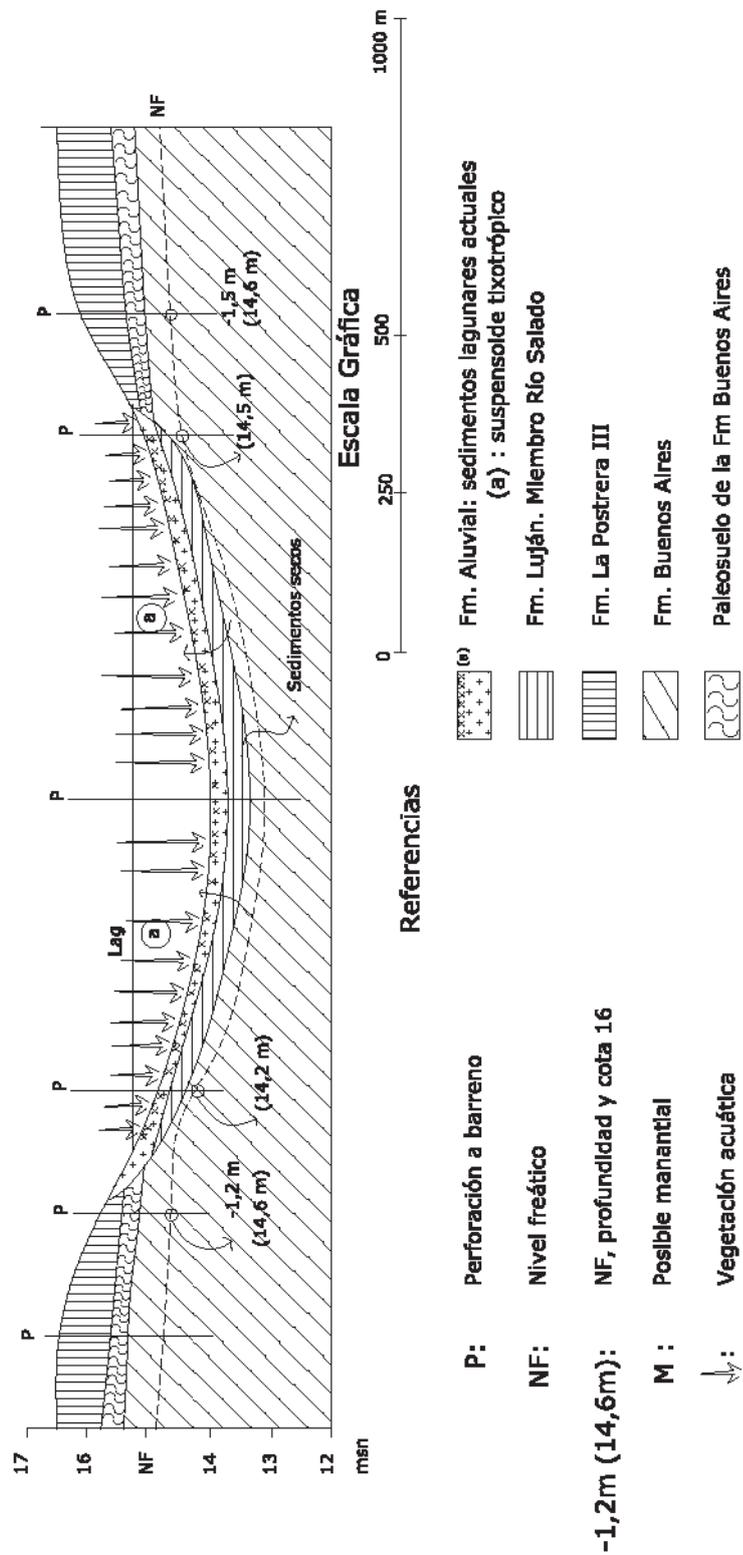


Figura 7. Perfil geológico esquemático, correspondiente a las lagunas Cildáñez, Chica y Espadaña de Pérez

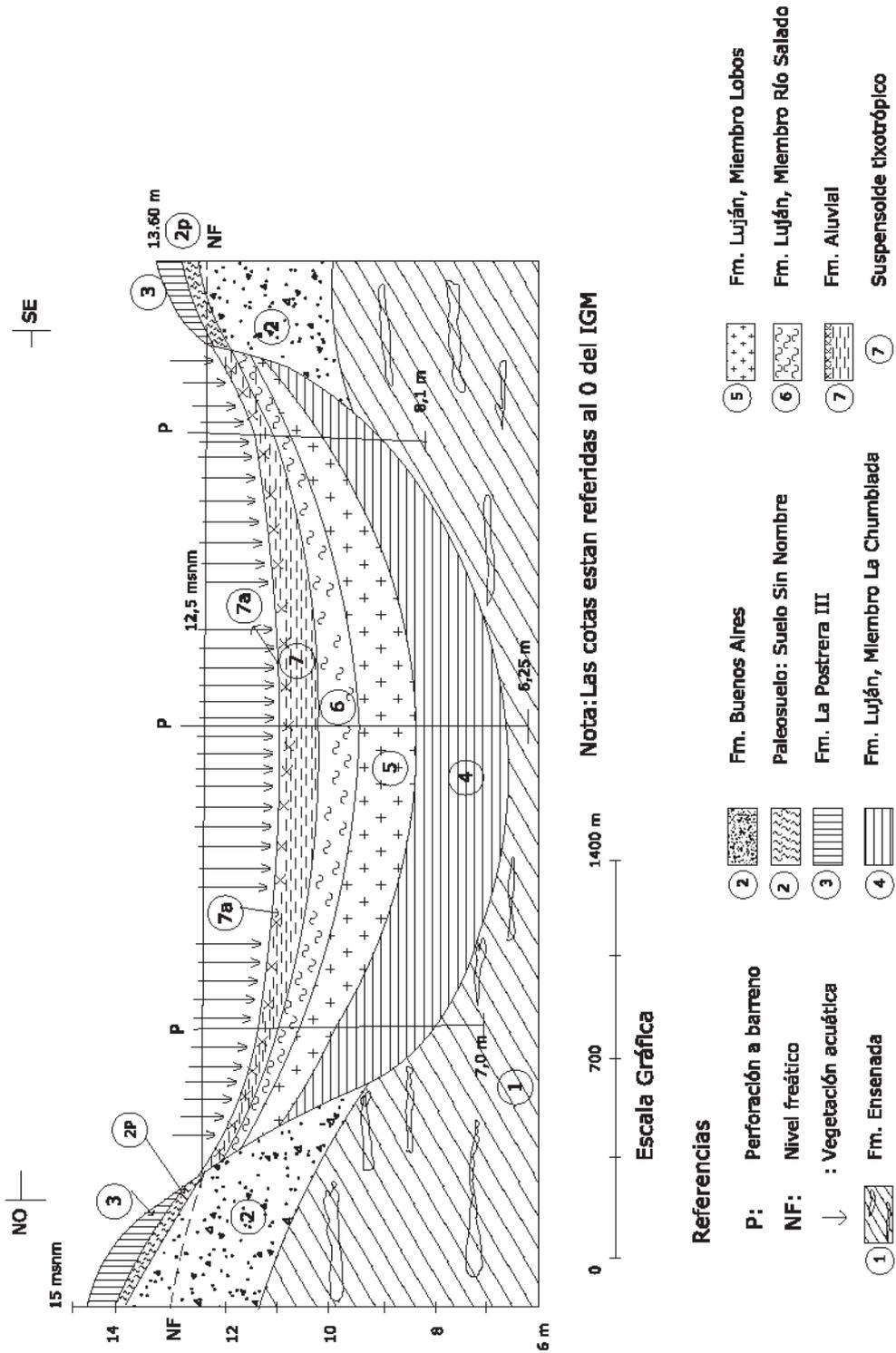


Figura 8. Perfil geológico de la laguna San José de la Leña

marcada, definiéndose por muy pobre selección, asimetría muy fina y acuminación meso a platicúrtica (Tabla 9, Fig.9).

La composición mineralógica de la fracción arena-limo grueso de esta unidad se caracteriza por la presencia en los tamaños mayores de concreciones de carbonato de calcio en forma de muñecos de tosca o de tubos de origen pedogénico y de concreciones de manganeso. En el tamaño arena mediana aparecen los minerales volcanoclásticos, siendo la especie dominante el cuarzo. Este es límpido, acompañado de plagioclasa tabular incolora; las pastas volcánicas son escasas. En la fracción arena fina y muy fina predomina el vidrio volcánico pumíceo y también aparece vidrio "fibroso" muy largo. Estos vidrios se presentan límpidos, parcialmente alterados en los canales o totalmente alterados en una masa opaca blanquecina. El orden de abundancia de los minerales en la arena fina es: vidrio volcánico, plagioclasa, cuarzo, minerales alterados (alteritas), feldespato potásico, pastas volcánicas y minerales pesados (magnetita, micas y hornblenda verde y castaña). En la arena muy fina y limo grueso aumenta el porcentaje de alteritas a expensas del vidrio volcánico, el feldespato potásico y los fragmentos líticos de vulcanitas. En el tamaño limo grueso prácticamente desaparecen los minerales coloreados, salvo la magnetita, que representa el mineral pesado dominante.

En el techo de esta formación, aparece un paleosuelo truncado en el horizonte Bt de variada potencia. Este Bt es de distribución regional y se espesa en los sectores más bajos del paleorrelieve (mayor de 0,6 m) y se adelgaza en los paleoaltos (hasta 0,3 m). La textura de este material es fango arenosa, con una moda muy marcada en la arcilla coloidal (31%) y una secundaria en el limo grueso (27,5%) y admixtura proximal gruesa (18%). Este paleosuelo se correlaciona con el Suelo Sin Nombre de Fidalgo et al. (1973).

En discordancia erosiva sobre la Formación Buenos Aires y/o el paleosuelo, coronando el relieve de todos los terrenos de la zona, aparece un loess edafizado por el desarrollo de los suelos actuales, cuyas acumulaciones constituyen la Formación La Postrera III del Holoceno tardío (Fidalgo, 1990).

Los sedimentos de esta unidad son limos arenosos, algo friables, de color castaño grisáceo oscuro (10YR 4/2), la estructura es migajosa y no poseen concreciones calcáreas. La relación media de arena:limo:arcilla de estos sedimentos es de 41:48:11, respectivamente y la distribución granulométrica levemente bimodal, con la moda principal en la arena muy fina (39%) y admixtura proximal fina (28%). La moda secundaria se halla en el limo mediano (10%) y la dispersión de tamaños respecto de la media gráfica phi corresponde al limo grueso, definiéndose como pobremente seleccionada, muy asimétrica fina y acuminación muy leptocúrtica (Tabla 9, Fig. 9).

La composición mineralógica de la fracción arena-limo grueso del loess está representada en los tamaños mayores por escasos cristales de cuarzo y plagioclasa y en los menores (arena fina a limo grueso) por abundante vidrio volcánico no dominante, plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, pastas volcánicas, micas, magnetita, hornblenda, hornblenda basáltica y augita. El vidrio volcánico aparece fresco y limpio o alterado en una masa opaca amarillenta verdosa pálida. Es de señalar que no se han encontrado restos fósiles en ninguna de las dos unidades estratigráficas descriptas.

En los bordes de las cubetas, salvo en la laguna San José de la Leña, se encuentran depósitos de playa dispuestos en rampa y recubriendo los sedimentos de la Formación Buenos Aires. Estos sedimentos, de 0,3 a 0,5 m de espesor, se componen de limos arenosos friables castaño rojizo oscuros (5YR 3/2) a castaño grisáceo oscuros (10YR 4/2). La relación media de arena:limo:arcilla en estos depósitos es de 16:60:24, respectivamente. En la fracción arena predomina la muy fina y en el limo el grueso, lo que confiere al sedimento aspecto y tacto arenoso.

La mineralogía es afín a la de los sedimentos de origen. Estos materiales fueron acumulados por el lavado de suelos de los terrenos aledaños más altos y provienen de la lenta destrucción del relieve de deflación-acumulación de la zona. Estos depósitos recientes se correlacionan con la Formación Aluvial de Valentín (1898) y representan las acumulaciones del período postconquista.

**Tabla 8.** Unidades Estratigráficas de la cuenca del Arroyo La Vigilancia

| Periodo     | Epoca       | Unidades Litoestrat.                 | Unidades Pedoestrat. | Sitio: Barrancas                      | Sitio: Lecho                         |
|-------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| CUATERNARIO | HOLOCENO    | Aluvio                               | Suelo Actual         | Aluvio                                | Aluvio                               |
|             |             | Fm. La Postrera III                  |                      | Fm. La Postrera III                   | -                                    |
|             |             | Fm. Luján<br>Miembro Río Salado      | -                    | -                                     | Fm. Luján<br>Miembro Río Salado      |
|             | PLEISTOCENO | Fm. Luján<br>Miembro Lobos           | -                    | -                                     | Fm. Luján<br>Miembro Lobos           |
|             |             | Fm. Luján<br>Miembro<br>La Chumbiada | -                    | -                                     | Fm. Luján<br>Miembro<br>La Chumbiada |
|             |             | Fm. Buenos Aires                     | Suelo Sin<br>Nombre  | Suelo Sin Nombre/<br>Fm. Buenos Aires | F. Buenos Aires                      |
|             |             | Fm. Ensenada                         | -                    | -                                     | Fm. Ensenada                         |

### Sedimentos de fondo

Todas las cubetas lagunares poseen sedimentos de relleno, reconocidos mediante perforaciones, cuyos espesores son máximos en el sector central (4,65 m en San José de la Leña y hasta 1,10 m en las restantes) y se acúan hacia la costa hasta desaparecer. Las cubetas lagunares de Cildáñez, Espadaña de Pérez y Chica son poco profundas y poseen sobre sus lechos primitivos sólo sedimentos de relleno de dos ambientes acuáticos sucesivos. El nivel superior representa a las acumulaciones de los ambientes actuales, constituido por sedimentos de textura principalmente fango arenosa, producto de la erosión de los sedimentos más recientes del área. La unidad infrayacente está constituida por depósitos de un paleoambiente palustre, también de texturas fango arenosas, pero con rodados de tosquillas, provenientes de las antiguas playas labradas en la Formación Buenos Aires, actualmente cubiertas por el aluvio.

Por otra parte, en el lecho de San José de la Leña, con una cubeta de mayor desarrollo, se reconocieron cuatro depósitos subácueos; arriba, los dos anteriormente mencionados y abajo otros dos de texturas limo arenosas. De los últimos, el superior contiene restos de foraminíferos de origen atalásico (Cann & De Deckker, 1981), de donde se infiere su carácter de ambiente salobre y el inferior con restos dulciacuícolas. Este último se apoya sobre el lecho lagunar primitivo, labrado en los depósitos de las Formaciones Buenos Aires y Ensenada. Cabe señalar que en las restantes cubetas el lecho primitivo, debido a su menor edad, está constituido exclusivamente por los sedimentos de la Formación Buenos Aires.

A continuación se caracterizan las cuatro unidades presentes en los sedimentos de relleno, las que se describen de arriba hacia abajo (Tablas 8, 9, Figs. 7 a 9).

### Sedimentos lagunares actuales

En los materiales de relleno de las cuatro cubetas existe una capa superficial de restos vegetales en putrefacción de espesor variable, que alcanza su potencia máxima en la laguna Espadaña de Pérez (0,5 m). Por debajo de esta cubierta orgánica se encuentran depósitos palustres macizos o con incipiente estratificación de hasta 1,1 m de espesor, cuyos colores varían entre el castaño grisáceo y el castaño rojizo oscuro. La textura es limo arenosa a fango arenosa (Folk, 1968); la consistencia en húmedo es ligeramente dura, adhesiva y plástica y dura a muy dura en seco. La relación porcentual media de arena-limo-arcilla es de 15:50:35, respectivamente, y la distribución granulométrica principalmente bimodal y polimodal en Espadaña de Pérez, con la moda principal

en la arcilla coloidal (hasta 32%) en dos ambientes y en los otros dos en el limo grueso (hasta 25%) y la secundaria en la fracción limo grueso (hasta 25%) o en la arcilla coloidal (hasta 17%). En Espadaña de Pérez, la tercer moda se halla en el limo fino (10%). La dispersión de tamaños respecto a la media gráfica phi corresponde al limo fino a muy fino, definiéndose como muy pobremente seleccionadas, muy asimétricas finas y platicúrticas a muy platicúrticas.

La composición mineralógica del tamaño arena-limo grueso de la unidad presenta en la fracción arena gruesa carbonato de calcio formado por restos de conchilla y tosquillas redondeadas, concreciones ferruginosas y ópalo organógeno. En la fracción arena mediana aparecen además minerales volcanoclásticos: cuarzo incoloro subredondeado a redondeado, plagioclasa límpida bien redondeada, pastas volcánicas, feldespato potásico, vidrio volcánico incoloro en trizas angulares y pumíceo de color blanco y colofanita de color celeste.

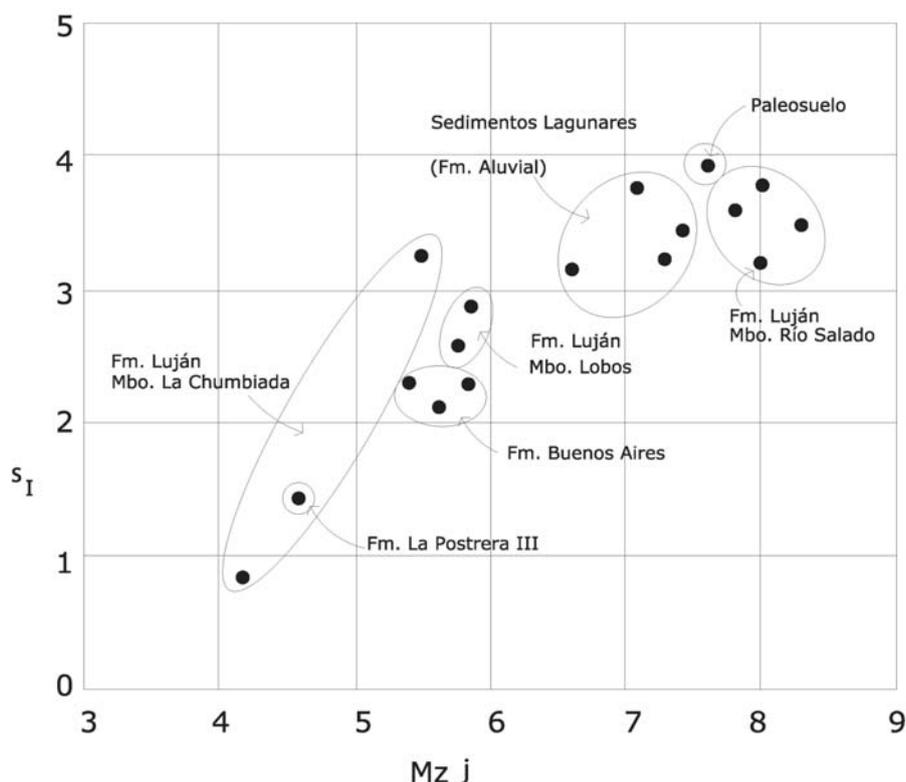
En la arena fina y muy fina es dominante el material piroclástico que conforma dos poblaciones, una límpida, representada por trizas de vidrio volcánico fresco e incoloro y escaso vidrio color caramelo, plagioclasa, cuarzo, pastas volcánicas, feldespato potásico, mica, anfíboles, magnetita, etc. y otra, donde el vidrio se halla muy alterado en productos arcillosos. Asimismo, la alteración alcanza al feldespato potásico y las pastas volcánicas. Dicha alteración es menos marcada en la arena fina, presentándose en superficie como núcleos y principalmente en grietas y en los canales de burbujas con un característico color blanco grisáceo, mientras que en la arena muy fina y limo grueso ésta es muy notable, constituyendo una masa opaca blanquecina a gris verdosa que guarda la forma de la triza primitiva. Esta alteración es más marcada en los sectores de playa que en los permanentemente cubiertos por el agua de la laguna. En el tamaño limo grueso la mineralogía es semejante a la fracción de 62  $\mu\text{m}$ , pero con aumento de minerales pesados, sobre todo de la magnetita.

El contenido de restos biológicos de la porción superior de la unidad está representado por restos de tejidos vegetales, semillas y abundantes fitolitos, mientras que en profundidad se encuentran escasos restos de organismos dulciacuícolas, algunos muy deteriorados. Entre los restos mejor conservados se reconocen escamas y vértebras de peces, conchillas de gasterópodos (*Heleobia parchappei* y *Biomphalaria tenagophila*), valvas de ostrácodos, gametangios femeninos de algas charáceas, frústulos de diatomeas y fitolitos. La ausencia de organismos animales en la porción superior de la unidad indican condiciones ambientales actuales anóxicas, las que se corresponden más bien a pantanos que a lagunas, mientras que en profundidad la presencia del bentos señala condiciones de vida más favorables, afines a los ambientes lacustres/palustres. Los sedimentos de esta unidad representan los depósitos de acumulación más reciente, los que se asignan a la Formación Aluvial (Valentín, 1898).

### **Sedimentos del primer paleoambiente léntico**

Debajo de los sedimentos aluviales recientes se encuentra un depósito dulciacuícola de 0,35 a 1,3 m de potencia, compuesto por fangos arenosos a fangos de color castaño grisáceo a gris claro, homogéneos, muy duros en seco y plásticos y adhesivos en húmedo. Estas pelitas presentan una relación media arena:limo:arcilla de 12:45:43, respectivamente, distribución granulométrica bimodal, con la moda principal en todos los ambientes, salvo en Cildáñez, en la arcilla coloidal (hasta 40%) y la moda secundaria en el limo grueso (hasta 24%). En la laguna Cildáñez la relación es inversa, i.e.: moda principal en el limo grueso (28%) y la secundaria en la arcilla coloidal (27%). La dispersión de tamaños respecto a la media gráfica phi corresponde a limo muy fino y al fino (Cildáñez), definiéndose como muy pobremente seleccionadas, distribución muy asimétrica fina a casi simétrica (San José de la Leña) y acuminación muy platicúrtica, salvo en Cildáñez que es leptocúrtica (Tabla 9, Fig. 9).

La composición mineralógica de la fracción arena gruesa-limo grueso de estos sedimentos indica la presencia única en los tamaños mayores, hasta arena mediana, de concreciones rodadas de carbonato de calcio (tosca), algunas de ellas con canales de raíces, salvo en la laguna San José de la Leña, donde además de las tosquillas se encuentran concreciones de Mn y Fe-Mn, grumos



**Figura 9.** Distribución de sedimentos en la cuenca, en función del Desvío Estándar  $\phi$  vs. Media Gráfica  $\phi$

de vidrio volcánico alterado y cementado por carbonato de calcio y escasos cristales de yeso discoidal. En esta laguna en la fracción arena mediana aparecen además minerales volcánoclasticos: cuarzo incoloro subredondeado de alta esfericidad y también teñido por óxidos de hierro, pastas volcánicas, feldespato potásico y vidrio volcánico incoloro en trizas angulares. En la arena fina, además de las concreciones, hallamos minerales volcánico-piroclásticos, i.e.: cuarzo subredondeado límpido, plagioclasa tabular redondeada y límpida, feldespato potásico de translúcido a opaco amarillento y rojizo, pastas volcánicas, alteritas de feldespato potásico y vidrio volcánico.

En la arena muy fina la composición dominante es piroclástica, con predominio de vidrio volcánico en el tamaño de 88  $\mu$ m. En dicho tamaño, el vidrio volcánico en parte es límpido, pero en su gran mayoría alterado en sustancias arcillosas verdosas opacas, en gran parte pelletizadas. Esta alteración es total en la fracción de 62  $\mu$ m. Los restantes minerales de la arena muy fina son: plagioclasa, cuarzo, pastas volcánicas, feldespato potásico alterado y minerales pesados (anfíboles, piroxenos, muscovita y abundante magnetita). En el tamaño limo grueso se repite la mineralogía ya vista, con incremento de los minerales pesados opacos.

Los restos de organismos de la unidad son escasos y están constituidos por trozos de tejidos vegetales, semillas, fitolitos, mudas de insectos, conchillas de gasterópodos, valvas de ostrácodos, frústulos de diatomeas y estructuras algales. Todos los restos son de agua dulce, siendo característicos el gasterópodo *Heleobia parchappei* y los siguientes géneros de ostrácodos: *Cyprideis*, *Cypridopsis*, *Cyprinotus*, *Ilyocypris* y *Chlamidotheca*.

Salvo en la laguna San José de la Leña, debajo de la unidad considerada se encuentra el lecho primitivo de las cubetas, excavado en sedimentos de la Formación Buenos Aires. De ello resulta que estos depósitos lagunares posteriores a la Formación Luján y anteriores al aluvio

actual se pueden asignar a la etapa cálida y húmeda que se desarrolló entre 8.500 y 3.500 años AP, correspondiente al período climático Hypsitermal (Iriondo & García, 1993). Estos sedimentos, por su posición estratigráfica, características litológicas y contenido faunístico se correlacionan con el Miembro Río Salado de la Formación Luján de Fidalgo et al. (1973).

### **Sedimentos del segundo paleoambiente léntico**

Esta unidad está presente solamente en la laguna San José de la Leña y está constituida por un máximo de 1,7 m de sedimentos limo arenosos de aspecto verdoso (gris claro: 5Y 7/2), migajosos y friables y delgadas lentes de yeso y óxidos de hierro. Los mismos presentan una relación arena-limo-arcilla de 30:48:22, respectivamente, distribución granulométrica levemente bimodal, con la moda principal en el tamaño limo grueso (28%), admixtura proximal gruesa (25,5%) y la secundaria en la arcilla coloidal (12%). Asimismo, la dispersión de tamaños respecto a la media gráfica phi corresponde a limo mediano, definiéndose como muy pobremente seleccionadas, muy asimétricas finas y leptocúrticas (Tabla 9, Fig. 9).

La composición mineralógica de la fracción arena de la unidad indica la presencia dominante en los tamaños mayores hasta arena mediana de concreciones de carbonato de calcio (tosca), clastos de limolita y cristales de yeso discoidal. En la arena fina predominan aún las tosquillas, acompañadas de cristales de yeso, concreciones de hierro, cuarzo subredondeado límpido, plagioclasa tabular redondeada y límpida, feldespatos potásico de translúcido a opaco amarillento y rojizo, pastas volcánicas, etc. En la arena muy fina la composición dominante es piroclástica, con predominio de vidrio volcánico en 88 mm y de plagioclasa en 62 mm. En estos tamaños, el vidrio volcánico aparece de límpido a alterado en los canalículos o en toda la masa. Asimismo, está acompañado de yeso, cuarzo, pastas volcánicas, alteritas de feldespatos potásico y minerales pesados (hornblenda, muscovita, biotita y opacos magnéticos). Como hecho destacable, cabe señalar la rara presencia en el tamaño arena fina de cristales de malaquita ( $\text{CuCO}_3$ ).

Los restos de organismos en este nivel son abundantes, representados por conchillas indeterminables, abundantes valvas de ostrácodos dulciacuícolas y cónchulas de foraminíferos: *Elphidium discoidale*, *E. gunteri*, *Ammonia beccarii parkinsoniana* y *Discorbis peruvianus*.

Por sus características litológicas, posición estratigráfica y contenido fosilífero, esta unidad es correlacionable con la Formación Luján, Miembro Lobos (Dangavs & Blasi, 2003) del Pleistoceno tardío tardío, con una edad posible mayor a 18.000 años AP (Iriondo & García, 1993).

### **Sedimentos del tercer paleoambiente léntico**

Constituyendo el primer depósito de relleno de la laguna San José de la Leña se encuentran 1,9 m de sedimentos de un antiguo ambiente acuático, constituidos por limos arenosos estratificados de color castaño amarillento rojizo (10YR 7/3). Estos limos arenosos poseen una relación media de arena-limo-arcilla de 28:52:20, respectivamente, y distribución granulométrica bimodal, con la moda principal en el limo grueso y admixtura proximal gruesa. La moda secundaria es menos marcada y se halla en la arcilla coloidal. La dispersión de tamaños respecto de la media gráfica se encuentra en el limo mediano, definiéndose como muy pobremente seleccionadas, de asimetría muy fina y acuminación leptocúrtica (Tabla 9, Fig. 9).

La mineralogía de la fracción arena-limo grueso es afín a la Formación Buenos Aires, la que debe haber alimentado con sus sedimentos a esta unidad. Algo que caracteriza a estos sedimentos, es la presencia de una fina estratificación, en forma de láminas de 0,5 cm de espesor y la de restos de organismos de agua dulce (conchillas de *Heleobia sp.*, *Succinea sp.*, *Biomphalaria sp.* y *Chilina sp.*) y pequeños trozos de huesos de peces, anfibios y mamíferos (cricétidos). Esta unidad litológica, por su posición estratigráfica, características litológicas y contenido faunístico se correlaciona con el Miembro La Chumbiada de la Formación Luján del Pleistoceno tardío, con una edad reconocida de más de 28.000 años AP (Dillon & Rabassa, 1985). Debajo de la unidad considerada se encuentra el lecho primitivo de la cubeta, excavado en los sedimentos terrestres de las Formaciones Buenos Aires y Ensenada de Riggi et al. (1986).

**Tabla 9.** Sedimentos de ambientes lagunares. Parámetros texturales y estadísticos. Referencias. A: arena; L: limo; Ac: arcilla; text: textura; F: fango; LA: limo arenoso; FA: fango arenoso; AL: arena limosa; Md : mediana; Mz j: media gráfica;  $s_j$ : desvío;  $S_k$ : asimetría;  $K_g$ : curtosis

| Laguna              | Prof. (m) | Color en seco | A %  | L %  | Ac % | Text. | Mdφ  | Mz φ | $s_j$ φ | $S_k$ | $K_g$                   | Unidad Estratigráfica      |
|---------------------|-----------|---------------|------|------|------|-------|------|------|---------|-------|-------------------------|----------------------------|
| Cildáñez            | 0,0-0,37  | 2.5Y 5/2      | 12,3 | 42,4 | 45,3 | FA    | 6,60 | 7,12 | 3,72    | 0,31  | 0,59                    | Lag., Fm. Aluvial          |
|                     | 0,37-0,72 | 2.5Y 7/2      | 9,7  | 58,3 | 32,0 | F     | 6,56 | 7,70 | 3,63    | 0,67  | 1,45                    | Lag., Miembro Río Salado   |
|                     | 0,72+     | 10YR5/4       | 17,4 | 68,2 | 14,4 | LA    | 4,89 | 5,55 | 2,29    | 0,65  | 0,99                    | Lecho, Fm. Buenos Aires    |
|                     | 0,0-0,33  | 10YR4/2       | 40,6 | 48,5 | 10,9 | LA    | 4,21 | 4,65 | 1,25    | 0,65  | 1,68                    | Costa, Fm. La Postrera III |
|                     | 0,33-1,05 | 5YR 4/4       | 18,2 | 44,9 | 36,9 | FA    | 5,60 | 7,65 | 3,93    | 0,63  | 0,59                    | Costa, Paleosuelo          |
| 1,05-0,50+          | 10YR6/4   | 23,4          | 58,6 | 18,0 | LA   | 4,90  | 5,67 | 2,15 | 0,58    | 1,00  | Costa, Fm. Buenos Aires |                            |
| Españada de Pérez   | 0,0-0,30  | 5YR 3/2       | 16,6 | 53,1 | 30,3 | FA    | 5,80 | 6,80 | 3,14    | 0,51  | 0,89                    | Lag., Fm. Aluvial          |
|                     | 0,40-1,10 | 2.5Y 6/2      | 13,8 | 39,9 | 46,3 | FA    | 6,59 | 7,97 | 3,80    | 0,37  | 0,64                    | Lag., Miembro Río Salado   |
|                     | 1,10+     | 10YR7/4       | 23,8 | 55,1 | 21,1 | LA    | 4,98 | 5,80 | 2,33    | 0,67  | 1,19                    | Lecho, Fm. Buenos Aires    |
| Pérez               | 5YR 3/2   | 17,1          | 64,3 | 18,6 | LA   | -     | -    | -    | -       | -     | -                       | Playa, Fm. Aluvial         |
| Chica               | 0,00-0,30 | 5YR 3/2       | 12,4 | 60,1 | 27,5 | LA    | 6,70 | 7,58 | 3,54    | 0,40  | 0,93                    | Lag., Fm. Aluvial          |
|                     | 0,30-0,90 | 2.5Y 6/2      | 12,8 | 41,2 | 45,9 | FA    | -    | -    | -       | -     | -                       | Lag., Miembro Río Salado   |
|                     | 0,90+     | 10YR5/4       | 21,0 | 59,6 | 19,4 | LA    | -    | -    | -       | -     | -                       | Lecho, Fm. Buenos Aires    |
|                     |           | 10YR4/2       | 14,3 | 57,0 | 28,7 | LA    | -    | -    | -       | -     | -                       | -                          |
| San José de la Leña | 0,10-0,90 | 10YR4/2       | 17,9 | 43,3 | 38,8 | FA    | 6,60 | 7,40 | 3,44    | 0,37  | 0,75                    | Lag., Fm. Aluvial          |
|                     | 0,90-1,70 | 2.5Y 5/2      | 9,5  | 41,2 | 49,2 | F     | 8,30 | 8,20 | 3,40    | 0,02  | 0,56                    | Lag., Miembro Río Salado   |
|                     | 1,70-2,25 | 5Y 7/2        | 30,1 | 47,7 | 22,2 | LA    | 4,72 | 5,91 | 2,99    | 0,64  | 1,16                    | Lag., Miembro Lobos        |
|                     | 2,25-2,75 | 5Y 7/2        | 26,8 | 52,7 | 20,5 | LA    | 4,70 | 5,68 | 2,35    | 0,62  | 0,93                    | Lag., Miembro Lobos        |
|                     | 2,75-3,30 | 10YR7/3       | 37,3 | 59,5 | 3,1  | LA    | 4,20 | 4,32 | 0,89    | 0,49  | 0,51                    | Lag., M. La Chumbiada      |
| 3,30-4,65           | 10YR7/3   | 28,3          | 51,8 | 19,9 | LA   | 5,10  | 5,63 | 3,23 | 0,33    | 1,22  | Lag., M. La Chumbiada   |                            |

### Origen de las cubetas lagunares

Para Tricart (1973), las lagunas pampásicas son formas complejas, desarrolladas bajo la influencia de clima semiárido, donde predominó la excavación eólica, en alternancia con períodos húmedos, durante los cuales aquéllas serían transformadas en pantanos. En nuestro concepto, las actuales lagunas se alojan en cubetas de deflación de edades distintas, producidas por la coalescencia de numerosas microcubetas eólicas, en cuyo modelado han participado además procesos tales como el lavado y retroceso de pendientes.

Las acciones eólicas del Pleistoceno tardío, durante la depositación de la Formación Buenos Aires, fueron mucho más intensas y generalizadas que las posteriores del Holoceno (Frenguelli, 1957). De ello resulta que la magnitud e incidencia de los fenómenos eólicos determinara que las cubetas excavadas durante el Pleistoceno tardío fuesen mucho más profundas que las posteriores del Holoceno. La consecuencia actual de ello es que las cubetas de mayor edad (San José de la Leña) alojan cuerpos de agua que se encuentran en mejor estado limnológico que las contenidas en cubetas más jóvenes (Cildáñez, Españada de Pérez y Chica).

En las lagunas estudiadas, el sustrato lagunar lo constituyen los depósitos loésicos de la Formación Buenos Aires. Sin embargo, la edad de las cubetas es muy distinto en San José de la Leña que en el resto. En San José de la Leña el depósito de relleno más antiguo es asignable al Miembro La Chumbiada del Pleistoceno tardío, mientras que en las restantes cubetas los depósitos más antiguos son del Holoceno temprano a medio, asignables al Miembro Río Salado, cuyas acumulaciones ocuparon una depresión excavada durante las acciones eólicas del Pleistoceno tardío a Holoceno temprano, correspondientes al período climático (D3-L3), situado entre los 18.000 y 8.500 años AP (Iriando & García, 1993), que dieron lugar a las acumulaciones de la Formación La Postrera II de Fidalgo (1990).

## Vegetación acuática

Hasta hace unos diez años, los cuatro ambientes considerados se encontraban profusamente invadidos por importantes comunidades hidrófilas, siendo la población más conspicua la emergente, acompañada siempre por carpetas de vegetación flotante. Sin embargo, recientemente dichas poblaciones empezaron a declinar rápidamente. Así, en Cildáñez, la masa principal de la vegetación invasora estaba constituida por *Zizaniopsis bonariensis* (espadaña) y en menor proporción por *Schoenoplectus californicus* (junco). Esta comunidad cubría casi todo el espejo lagunar, salvo la franja costera, donde aparecían pequeñas “abras” libres de vegetación. En Espadaña de Pérez predominaba el junco, que ocupaba el sector oriental de la laguna, mientras que en el occidental predominaba la espadaña, acompañada de *Solanum malacoxylon* (duraznillo). En el interior de esta laguna había sectores libres de vegetación, no mayores a 40 m de diámetro, los que actualmente superan los 120 m de diámetro. En laguna Chica el junco cubría todo el espejo lagunar, salvo algunos manchones de duraznillo. Actualmente los juncuales están raleados, no así los duraznilares. San José de la Leña también se encontraba totalmente cubierta por vegetación emergente, representada por un anillo perimetral de junco, que hacia el interior era reemplazado por espadaña. Cabe destacar que la zona costera baja, próxima al borde lagunar de los cuatro ambientes es común la presencia del duraznillo.

Respecto a la vegetación flotante, ésta era común en las aguas más tranquilas, formando características carpetas flotantes de “helechitos de agua”, “repollitos de agua” y de varias especies de “lentejas de agua”. Estas carpetas eran más abundantes en las aguas abiertas de la laguna Espadaña de Pérez, mientras que en las restantes lagunas se las observaba solamente como pequeños manchones entre los juncuales. Actualmente, la vegetación flotante aparece solamente durante el reflujó de las inundaciones del río Salado. Por otra parte, en ninguna de estas lagunas se ha reconocido la presencia de vegetación sumergida.

El extraordinario fenómeno ecológico de rejuvenecimiento del sistema lagunar, debido a la paulatina eliminación de la flora acuática de su seno, se inició después de las inundaciones de abril de 1980, durante las cuales se dispersó por la cuenca del río Salado el pez *Cyprinus carpio* (n.v. carpa). La explosiva irrupción de dicho pez en estos biótopos podría estar íntimamente ligada a la desaparición de la vegetación acuática en los ambientes interconectados de la cuenca.

## Dinámica acuática

**L. Cildáñez:** Ambiente casi permanente en estado de equilibrio dinámico y presencia de un espejo de agua remanente, cuya calidad ambiental no habrá de declinar, en la medida que el ecosistema acuático no sea alterado por nuevas obras hidráulicas. La circunstancia apuntada podría determinar su pronta desecación, debido al cambio del nivel de descarga de las aguas subterráneas, lo que motivaría el cercenamiento de los aportes de las zonas más altas que rodean la cubeta lagunar.

**L. Chica:** Laguna temporaria, con escasos aportes hídricos provenientes del escurrimiento superficial e hipodérmico. En términos hidrológicos es una laguna “colgada”. Posee muy escasa profundidad y por ende escaso volumen retenido. La pérdida de calidad ambiental (impacto negativo), está relacionada tanto con su canal afluente (de Espadaña de Pérez) como del emisario (hacia San José de la Leña).

**L. Espadaña de Pérez:** Laguna temporaria. En la dinámica actual se destaca la escasa incidencia del agua freática en los aportes al volumen de esta laguna. Este hecho determina su condición hidrológica de laguna alimentada por los aportes superficiales y escurrimiento hipodérmico. Actualmente el aporte principal proviene del canal que drena el sector noroeste de la misma. Este canal ha contribuido a la colmatación de la cubeta. Por otro lado, también ha tenido un efecto

negativo sobre el ambiente el canal que comunica con la laguna Chica, no sólo neutralizando los aportes del canal afluente, sino que también actúa como vertedero, disminuyendo el volumen retenido y el pelo de agua, con el consecuente aumento de la actividad vegetal degradante del biótomo.

**L. San José de la Leña:** Laguna permanente sin espejo de agua, en equilibrio dinámico con el agua freática. Recibe además las aguas superficiales de toda la cuenca por los distintos canales, tanto de los que drenan las distintas lagunas, como de los campos vecinos y descarga a su vez sus aguas hacia la cañada de Oroña, mediante el antiguo arroyo La Vigilancia (ahora un canal). Esta multiplicidad de ingresos y egresos de agua y sedimentos ha alterado sustancialmente este biótomo, llevándolo al borde de la degradación.

## Conclusiones

El régimen de estas lagunas se encuentra supeditado al desarrollo particular del ciclo del agua en la región. Por un lado, el carácter permanente de Cildañez y San José de la Leña señala cierto equilibrio natural tendiente a la preservación del recurso; por el otro, el carácter temporario y el visible deterioro ambiental de las lagunas Chica y Espadaña de Pérez se relaciona con un régimen hidrológico distinto del que poseen las otras lagunas. En nuestro concepto, la presencia en el lecho de la cubeta lagunar de una capa arcillosa poco potente ha facilitado la retención de agua en dichos cuencos, con la consecuente formación del ambiente lagunar. Sin embargo, el aporte posterior de sedimentos y la proliferación de vegetación acuática han determinado su paulatina colmatación, hasta llegar a la etapa actual, donde los antiguos lechos se han transformado prácticamente en pantanos.

En crecientes, las lagunas son colectoras de los excesos pluviales de su cuenca, donde los aportes superficiales principales provienen del escurrimiento encauzado de arroyos y canales, así como de las zanjales de drenaje de bajos y microcubetas. Por otra parte, en las lagunas Espadaña de Pérez y Chica, el flujo de agua subterránea proviene del escurrimiento hipodérmico y posiblemente del afloramiento de agua freática en el lecho lagunar en forma de manantiales. Esta última posibilidad debería ser evaluada con trabajos de mayor detalle.

Desde el punto de vista ambiental, las lagunas casi permanentes de la cuenca son reservorios de agua dulce, aprovechables para uso humano, ganadero y riego. Las mismas representan un recurso natural renovable en estado de equilibrio dinámico con su entorno, que podría ser favorecido por obras de recuperación y mantenimiento de los lechos lagunares, lo que se traduciría en el rejuvenecimiento del ecosistema acuático, que del estado de eutrofia avanzada podría pasar al incipiente por cosecha de materia orgánica (vegetación acuática) y sedimentos. La degradación natural por acumulación de barros en sí es poco importante, pero siendo la capacidad receptora limitada por el escaso desarrollo de las cubetas, su función reguladora y la capacidad de reservorio actual resulta mínima.

Por otra parte, el tapón arcilloso de los lechos, conformado por los sedimentos colmatantes inferiores, proviene del lavado de los sedimentos de la Formación Buenos Aires. Este tapón determina su relativo aislamiento del nivel freático, comportándose el sistema como “colgante” cuya dinámica de aportes hipodérmicos no habrá de declinar, en la medida que no se realicen obras hidráulicas en sus proximidades que alteren dicho estado. Asimismo, la posible extracción de sedimentos que implique remover el tapón arcilloso de su lecho habrá de traducirse en una mejora de sus características hidrológicas, ya que estos ambientes habrán de conformar superficies freáticas al descubierto y su régimen sujeto a la oscilación del agua freática.

## Referencias

- Aguesse, P. 1957. La classification des eaux poikilohalines, sa difficulté en Camargue, nouvelle tentative de classification. *Vie et Milieu* 8 (4): 341-365.
- Cann, J. & De Deckker, P. 1981. Fossil Quaternary and living Foraminifera from athalassic saline lakes, South Australia. *Journal of Paleontology* 55: 660-670.
- Carver, R. (Ed.) 1971. *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley. New York. 653 pp.
- Custodio, E. & Llamas, M. 1976. *Hidrología Subterránea*, 2 t, Omega, Barcelona. 2359 pp.
- Dangavs, N. 1976. Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en lagunas pampásicas. *Limnobiós* 1 (2): 25-39.
- 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. *Segundo Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología Actas*: 67-74. San Miguel de Tucumán.
- Dangavs, N. & Merlo, D. 1997. Geología ambiental de la laguna de Quinteros y su cuenca, partidos de Chascomús y General Paz, provincia de Buenos Aires. *Serie Situación Ambiental de la Provincia de Buenos Aires*. C.I.C. Año VI, n° 30, 32 pp. La Plata.
- Dillon, A. & Rabassa, J. 1985. Miembro La Chumbiada, Formación Luján (Pleistoceno, provincia de Buenos Aires): Una nueva unidad estratigráfica del valle del río Salado. *Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Resúmenes*, p 27. Tandil.
- Fidalgo, F. 1990. La Formación La Postrera. *Simposio Internacional sobre Loess. INQUA. Resúmenes Expandidos* 78-83. Mar del Plata.
- Fidalgo, F., De Francesco, F. & Colado, U. 1973. Geología superficial en las Hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio (Provincia de Buenos Aires). *Quinto Congreso Geológico Argentino, Actas* 4: 27-39. Carlos Paz, Córdoba.
- Folk, R. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's, Austin. 170 pp.
- Frenquelli, J. 1957. Neozoico. En: *Geografía de la República Argentina* 2, 3a parte: 1-113. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Buenos Aires.
- Köppen, W. & Geiger, H. 1954. *Klima der Erde Karte*. Justus Perthus, Darmstadt.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1989. *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000*. INTA, Buenos Aires.
- Iriondo, M. & García, N. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 101: 209-220.
- Maucha, R. 1932. Hydrochemische Methoden in der Limnologie. *Die Binnengewässer* 12: 1-173. Stuttgart.
- Miretzky, P., Consonno, V. & Fernández Cirelli, A. 2000. Hydrochemistry of pampasic ponds in the lower stream bed of Salado River drainage basin, Argentine. *Environmental Geology* 39 (8): 951-956.
- Penck, A. 1913. Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel. *Sitzungen der Königl. Preussische Akademie der Wissenschaft* 4: 77-79. Berlín.
- Richards, L. (Ed.). 1974. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. USDA, Ed. Limusa, México. 172 pp.
- Riggi, J., Fidalgo, F., Martínez, O. & Porro, N. 1986. "Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el partido de La Plata. *Asociación Geológica Argentina Revista* 41 (3-4): 316-333.

Ringuelet, R. 1962. *Ecología acuática continental*. EUDEBA. Buenos Aires. 138 pp.

Ringuelet, R., Salibian, A., Claverie, E. & Ilhero, S. 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas (Provincia de Buenos Aires). *Physis* 27: 201-221.

Servicio Meteorológico Nacional. 1960. *Atlas Climático de la República Argentina*. Además, estadísticas climatológicas de estaciones y períodos varios, así como datos de evaporación de Chascomús del período 1946/56.

Tricart, J. 1973. *Geomorfología de la Pampa Deprimida*. Colección Científica del INTA: 12, Buenos Aires. 202 pp.

Valentín, J. 1898. Bosquejo geológico de la Argentina. En: *Segundo Censo Nacional 1895*; 1: 61-109, Buenos Aires.

**Recibido:** 29 - 03 - 2004  
**Aprobado:** 12 - 05 - 2005