

Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina

Environmental geology of Laguna de las Perdices, Monte, Buenos Aires, Argentina

Nauris V. Dangavs*

Palabras Clave: Geolimnología, paleolimnología, región pampeana, lagos playos, polución.

Keywords: Geolimnology, paleolimnology, pampean region, shallow lakes, pollution.

ABSTRACT

The study of Laguna Las Perdices, a shallow lake, involves geo-limnological, geo-environmental and corrective aspects. Geo-limnological aspects characterize the physical environment of this typical water body of the Pampean Region. Geo-environmental aspects assess natural deterioration degree along with physical-chemical and bacteriological contamination. Finally, corrective aspects contribute to the implementation of recovery measures, especially considering that Monte Municipality seeks to transform this shallow lake into a protected area. Laguna Las Perdices with 11.50 km² is situated in the Buenos Aires Northeast region and belongs to the Lagunas Encadenadas de Monte watershed, which was evaluated by means of geo-limnological methods based on cartography, aerial photography, satellite images, hydrology data and field work, i.e. leveling, bathymetry, phreatimetry, borings and sediment, soil and water sampling. Thus the physiographic, geomorphological, geological and hydrological aspects of the region and the water body were characterized.

The infilling sediments of the lagunas are composed of seven stratigraphic units. Those corresponding to the present accumulations are of greater interest since they are direct indicators of the environmental degradation status. The hydrological regime of the lagunas was established, according to the following parameters: rainfall on the lake surface, evaporation, runoff and groundwater flow, phreatimetry, water body-groundwater interrelationship, annual water balance and aquatic dynamics. The physical-chemical characteristics of water were established along with its ionic composition, chemical classification (according to Maucha) and the limnological category of the aquatic environment.

Water and sediment determination confirmed a severe physical-chemical and bacteriological pollution which is incompatible with aquatic life and recreational use, according to the rules now in force. The pollution is due to the poor operation of the sewage treatment plant which is currently discharging raw effluents. Thus, the laguna becomes an open-air sewer. The findings provide corrective actions of reclamation, management and conservation.

RESUMEN

El estudio de la laguna de las Perdices abarca tres aspectos: el geolimnológico, el geoambiental y el de remediación. El primero ha consistido en caracterizar el medio físico de un ambiente léntico típico de la Pampasia meridional prácticamente desconocido. El segundo, la evaluación del grado de deterioro natural y la contaminación físico-química y bacteriológica. El tercero propicia las medidas para su recuperación, máxime teniendo en cuenta que el Municipio de Monte pretende transformarla en Reserva Natural. Esta laguna de 11.50 km², situada en el noreste bonaerense, pertenece a la cuenca de las Lagunas Encadenadas de Monte y fue evaluada con metodología geolimnológica, en base a cartografía, fotografía aérea e imágenes satelitales, nivelaciones, batimetría, freatimetría, perforaciones, muestreo de sedimentos, suelos y aguas. A tal efecto se caracterizaron los aspectos fisiográficos, geomorfológicos, geológicos e hidrológicos de la región y de la laguna. En la cubeta lagunar se estudiaron los depósitos colmatantes, integrados por siete unidades estratigráficas, de las cuales la de mayor interés corresponde a los depósitos actuales, indicadores directos del estado de degradación del ambiente. El régimen hidrológico de la laguna se estableció caracterizando las precipitaciones sobre la superficie lagunar, la evaporación, el escurrimiento superficial y freático, la freatimetría, la interrelación del cuerpo de agua con el agua subterránea, el balance hídrico anual y la dinámica acuática. Las aguas fueron evaluadas en los aspectos físico-químicos, estableciéndose su composición iónica y tipificación química según Maucha y la clasificación limnológica del ambiente acuático. Las determinaciones en agua y sedimentos confirmaron la severa contaminación físico-química y bacteriológica, incompatible con la vida acuática y el uso recreativo, de acuerdo a la normativa vigente. Dicha contaminación proviene del deficiente funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes cloacales de la ciudad de Monte, que actualmente descarga efluentes crudos a la laguna. De ésta forma la laguna ha sido convertida en una cloaca a cielo abierto. En las conclusiones se suministran las medidas correctivas de recuperación, manejo y conservación.

Recibido 20 de noviembre de 2009; Aceptado 8 de agosto de 2010

* Instituto de Geomorfología y Suelos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. Miembro de la Carrera de Investigador de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Calle 3 No 584, 1900 La Plata, Argentina. E-mail: nauris@igs.edu.ar

INTRODUCCIÓN

La llanura bonaerense, dominada en su origen por pastizales pampeanos, hoy reemplazados en gran medida por sistemas agropecuarios y masas forestales implantadas, posee además, un elevado número de ambientes lénticos de escasa profundidad y diferentes condiciones ecológicas, muchas de las cuales por su cercanía y vinculación funcional con centros urbanos, presentan distinto grado de deterioro ambiental. De todos estos ambientes los más notables son los que denominamos lagunas, las que constituyen las formas del paisaje más conspicuas de las planicies bonaerenses. Estos cuerpos de agua, alojados en cubetas de distinta edad y profundidad, son de extensiones y estadios evolutivos muy dispares, cuyo origen, distribución, morfología y tipología se relaciona con el clima actual, los cambios climáticos del pasado, la hidrología, la geomorfología y las actividades humanas. El número de cuerpos lagunares mayores a 0.1 km² (10 ha.) alcanza en la provincia de Buenos Aires cerca de 10500 (Dangavs, 2005 a).

La laguna de las Perdices (o Las Perdices), no obstante ser nombrada en diversas publicaciones, es prácticamente desconocida. Esta falta de interés se debería a su baja calidad limnológica, cuyo estado afín al de la distrofia avanzada era ostensible por el abundante relleno sedimentario, la proliferación de densa vegetación palustre, ausencia de espejo de agua libre, anoxia y desprendimiento de gases en el lecho lagunar. Desde el inicio de los 80 esta situación ambiental cambió drásticamente, debido a la súbita pérdida de la gran masa de vegetación acuática, que transformó dicho pantano en un amplio espejo lagunar de interés deportivo. No obstante ello, a partir de 1982 se convirtió en el cuerpo receptor de los efluentes cloacales de la ciudad de San Miguel del Monte, provenientes de la planta de tratamiento local, cuyo desagüe se realiza en la laguna. Por otra parte, el deficiente funcionamiento de la mencionada planta, ha ocasionado la creciente polución de sus

aguas con gran variedad de contaminantes físico-químicos y bacteriológicos. Hasta ahora, el municipio involucrado ni la empresa responsable del tratamiento de las aguas servidas ha iniciado tarea alguna para modificar dicha situación.

La primera mención de la laguna es de 1822, realizada por el Coronel Pedro A. García, quién ya le asignaba calidad de bañado (García, 1836). Dangavs (1973) estudió la geología de la comarca, brindando los primeros análisis químicos de sus aguas y recientemente, la ex Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires (SPA, 2001; actual Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible), detectó el alto grado de contaminación de la laguna. Debido a dicha circunstancia, se decidió ahondar en el conocimiento de su medio físico, mediante un estudio geológico-ambiental, con el objeto de dar a conocer a los pobladores locales la problemática de su entorno acuático, así como, sentar las bases para futuras investigaciones dirigidas a su recuperación (Dangavs, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

La laguna fue evaluada con metodología geolimnológica, la que incluye desde el estudio de los antecedentes climáticos, cartográficos, fotografía aérea e imágenes satelitales, hasta los levantamientos topográficos, nivelaciones, batimetría, freaticimetría, muestreo de aguas, efluentes y sedimentos aflorantes en barrancas y playas o mediante perforaciones del lecho lagunar. Este proceso permitió establecer las características geomorfológicas, geológicas, sedimentológicas e hidrológicas del área de estudio y la naturaleza y estado ambiental de la laguna.

La base cartográfica consistió en fotografías aéreas y fotomosaicos de 1966 del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) en 1:20000, mapas topográficos e imágenes satelitales del IGM (Instituto Geográfico Militar) en 1:50000

(edición 1966 y 1996, respectivamente) y la cartatopográfica 1:25000 de la Dirección de Geodesia de Buenos Aires (edición 1989). Los parámetros morfométricos (Dangavs, 1976) se determinaron en base a la cartografía, salvo la batimetría, que se realizó durante las campañas de perforación del lecho lagunar.

El reconocimiento geológico del área se hizo en base a observaciones en la secuencia sedimentaria de las barrancas y el estudio de los depósitos colmatantes de la laguna mediante 18 perforaciones someras del lecho lagunar, hasta alcanzar el piso de la cubeta. La ubicación de los sondeos se estableció con posicionador satelital (GPS) y las nivelaciones de vinculación con arranque en la marca altimétrica del IGM de cota 21.11 m, situada a la vera de la Ruta Nacional N° 3.

El estudio hidrológico se basó en datos estadísticos climáticos y de evaporación en tanque tipo A, fórmulas y datos de campo de freaticimetría. La estadística pluviométrica utilizada abarca 109 años (1893-2001). La del período 1893-1984 corresponde a datos del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) y la de 1985-2001 a registros de la Sociedad Rural de Monte. La temperatura del aire se estableció en base al Atlas Climático del SMN (1960) e interpolación entre las estaciones Las Flores, La Plata y Ezeiza (SMN, 1969, 1985, 1986 y 1992), cuyo conjunto abarca el período 1901-1990.

El estudio sedimentológico se realizó en base a 112 muestras y consistió en el análisis textural de todas las fracciones y la mineralogía de las gravas, arena y limo grueso. Para el tamizado y pipeteo se utilizaron los criterios de Carver (1971); la distribución granulométrica fue analizada a partir de las curvas de frecuencia acumulada en papel probabilístico y la clasificación textural se basó en Folk (1968). El contenido mineralógico fue determinado con microscopio binocular y petrográfico. Los restos de moluscos y foraminíferos fueron identificados por microscopía binocular.

Los parámetros físico-químicos del agua lagunar se determinaron en base a datos históricos (1966-1967) y más recientes (2001) de la SPA y del autor (2001-2002 y 2005-2006). Se analizó el líquido del efluente cloacal que descarga en la laguna y se estableció el grado de contaminación físico-química y bacteriológica del agua y química de los sedimentos lagunares actuales, en base a muestras de 2001 de la SPA y de 2005-2006 del autor.

Las determinaciones de pH, conductividad, turbiedad y oxígeno disuelto fueron realizadas in situ por la SPA, mediante un multianalizador manual HORIBA. Las restantes determinaciones se efectuaron en los laboratorios de dicha institución. Los análisis aportados por el autor fueron realizadas por el Laboratorio C&D de La Plata (Laboratorio habilitado por la SPA). La metodología analítica de las muestras de agua de 1966-1967 se desconoce. Las posteriores (2001-2006) fueron determinadas de acuerdo a las técnicas normalizadas de la EPA (1986) y APHA-AWWA -WEF (2005). Los métodos analíticos utilizados están detallados en los Anexos 1 y 2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Marco ambiental y geológico

La laguna de las Perdices se encuentra en el distrito de Monte, región NE de la provincia de Buenos Aires e integra el sistema fluvio-lacustre en rosario, denominado Lagunas Encadenadas de Monte, conformando el segundo eslabón de dicha cadena. Este cuerpo de agua de 11.50 km² en cota de 19.50 m, está situado al SO de la localidad de San Miguel del Monte, siendo las coordenadas geográficas del centro lagunar del cuerpo principal (sector norte): 35° 29' 30'' S y 58° 49' 20'' O y las del menor (sector sur): 35° 30' 30'' S y 58° 49' 00'' O (Figuras 1, 2 y 3).

La laguna forma parte de una extensa

llanura de acumulación de sedimentos limosos. El relieve es suave y la pendiente regional muy escasa en dirección general SSE (valor medio 0.128 %). La mayor altitud se halla en el extremo Norte de la cuenca en cota 34.3 m y la menor en la desembocadura del arroyo Los Cerrillos en el río Salado en cota 15.5 m, siendo la altitud media del complejo fluvio-lacustre de 24.9 m snm.

La cuenca se caracteriza por 18 cuerpos de agua principales y un sinnúmero de pequeños ambientes lénticos (lagunas y charcas). En crecientes, 7 de los principales se integran en el sistema de las Encadenadas de Monte, conformado de Norte a Sur por las lagunas del Monte, de las Perdices, Santa Rosa, San Jorge, Maipo, Cerrillo del Medio y Los Cerrillos (Figura 1). Desde el punto de vista hidrográfico se considera para la cuenca un eje de drenaje principal de rumbo aproximado N-S y 71.2 km de largo, cuyas nacientes se sitúan en Cañuelas en cota 33.75 m y la desembocadura en el río Salado en cota 12.82 m, siendo el desnivel total 20.93 m y la pendiente de 0.029%. Dicho eje está representado al N por el arroyo Totoral, el que a 37 km de sus nacientes desemboca en la laguna del Monte y de allí las aguas del sistema fluyen a lo largo de 34 km a través del resto de las lagunas mencionadas, salvo Maipo, la que no se halla en el eje de escurrimiento, sino que desagua en la laguna San Jorge. En esta última, el sistema entronca con una ramal secundario de 27 km, proveniente del sector oriental de la cuenca, a lo largo del cual se sitúan numerosos cuerpos de agua mayores y menores (Figura 1).

El colector del sistema es el arroyo Los Cerrillos, curso semi-permanente de 3.5 km, que nace en el extremo SO de la laguna Cerrillo del Medio y desemboca en la laguna periódica Los Cerrillos. En estiaje del río Salado la laguna Los Cerrillos se vacía y el arroyo extiende su curso 2 km, recortando el lecho seco de Los Cerrillos hasta desembocar en el río Salado (Figura 1).

Los tributarios principales de la laguna son dos, situado uno en el extremo NE y el otro en el NO. Por el NE recibe a la laguna del Monte, mediante una estrecha escotadura (102 m), donde se halla una estructura hidráulica de diente fijo (nivelador norte), que embalsa dicha laguna hasta la cota de 19.26 m. Por el NO desagua el arroyo La California de 6 km de extensión. Los tributarios menores consisten en zanjones y canaletas que drenan las cunetas de la Ruta Nacional NO 3. El emisario es un curso de 4 km y rumbo general SE que desemboca en la laguna Santa Rosa (Figuras 2 y 3).

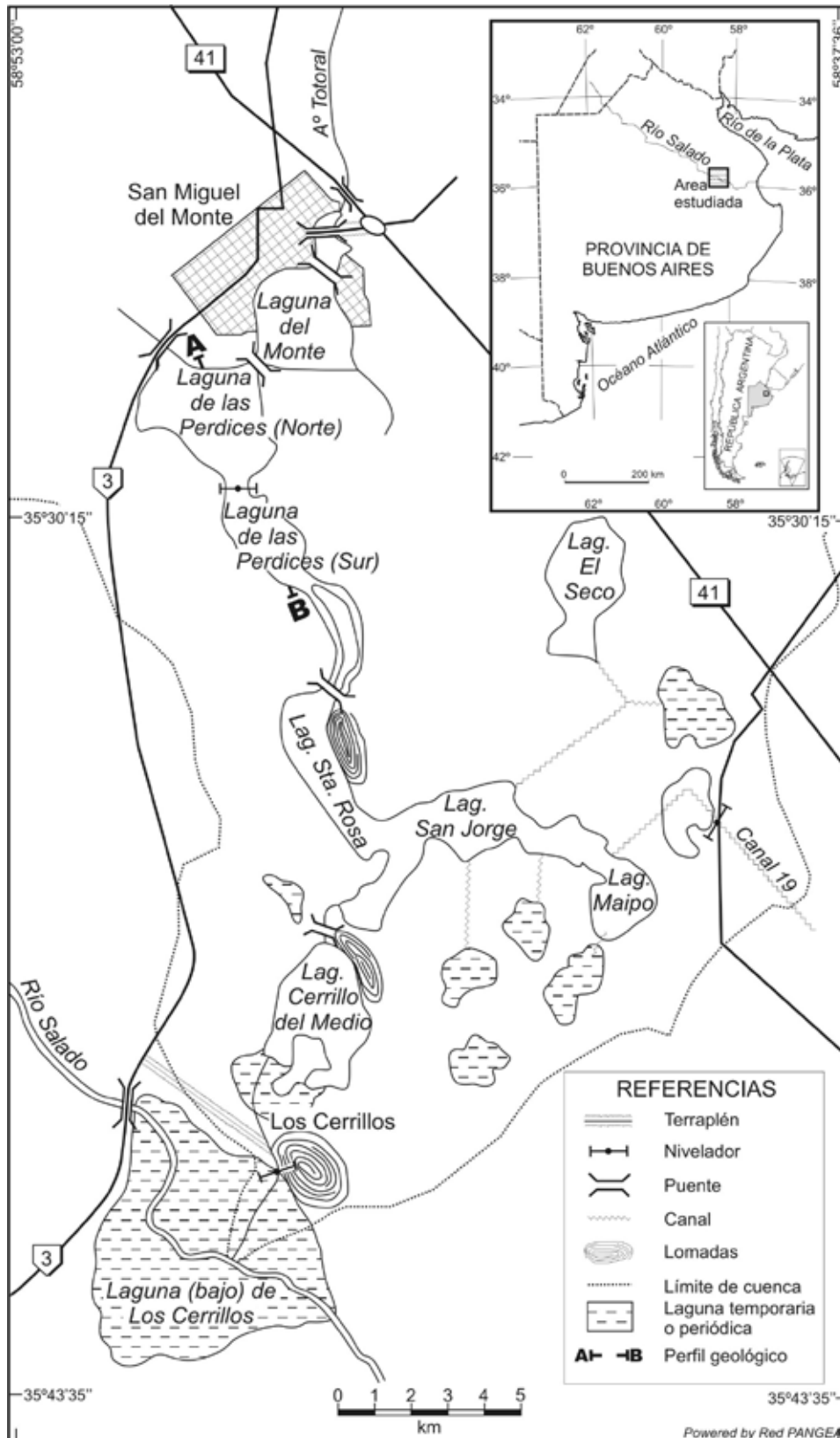


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca de las lagunas Encadenadas de Monte.

Figure 1. Location map of lagunas Encadenadas de Monte basin.

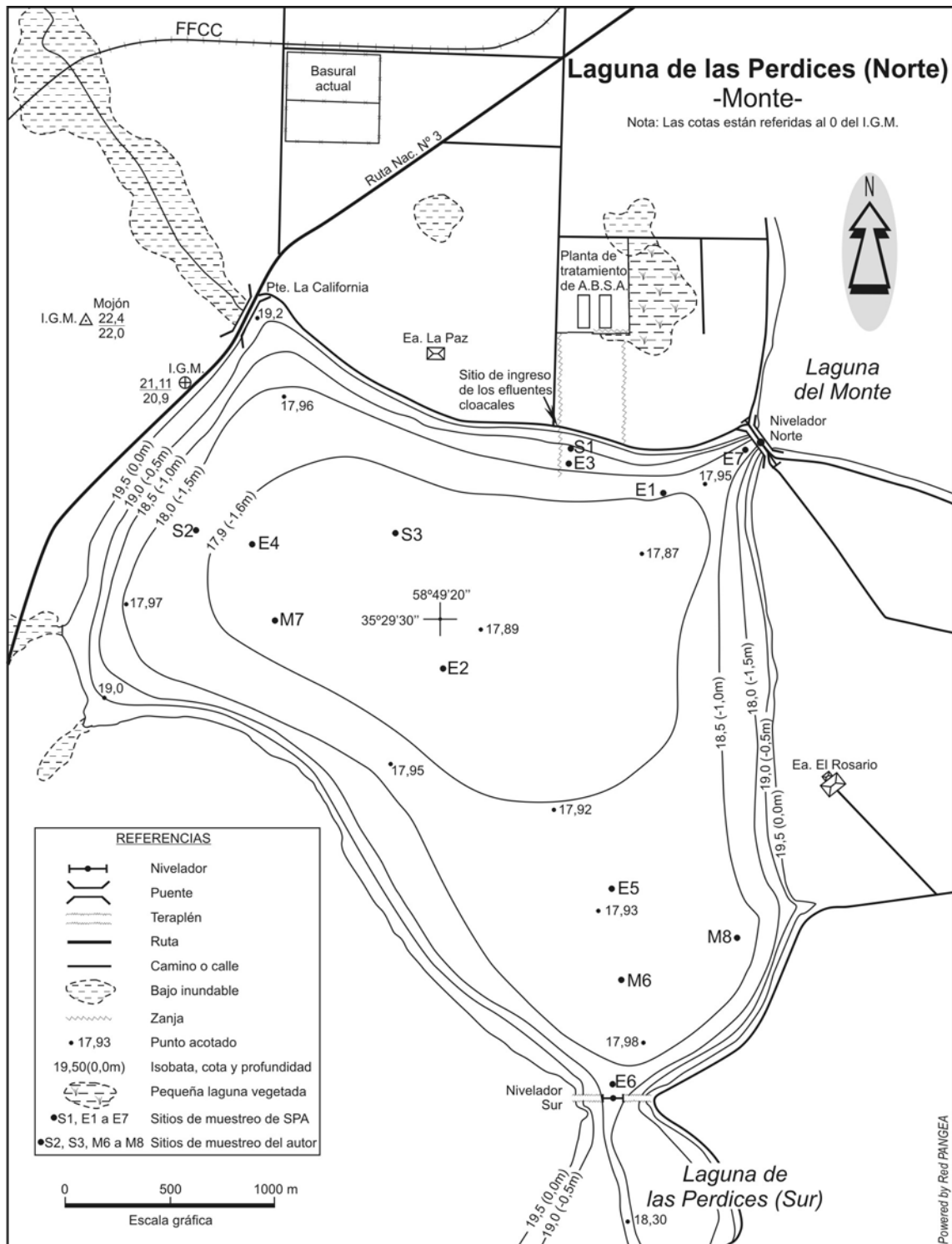


Figura 2. Planimetría y batimetría del sector Norte de la laguna de las Perdices.

Figure 2. Planimetry and bathymetry of laguna de las Perdices, North sector.

La depresión que aloja la laguna es elongada en sentido NO-SE, con un estrechamiento hacia la mitad, que define dos sectores (Figuras 1 y 3); hacia el Norte se halla el cuerpo principal de 8.25 km² (laguna Las Perdices sector N) y hacia el Sur el menor de 3.25 km² (laguna Las Perdices sector S). La angostura entre ambos sectores tiene 310 m de ancho, donde se instaló una presa hidráulica (nivelador sur), constituida por terraplenes y una estructura central de hormigón con recatas móviles y vertedero en cota de 19.11 m. Originariamente ambos sectores constituían cubetas separadas por un umbral, cuya integración se produjo en tiempos relativamente recientes por erosión del umbral.

El sector N de la laguna Las Perdices es de forma subrectangular, algo redondeada, cuyo perfil primitivo de "bañera" asimétrica combinaba una pared de cubeta casi vertical en el flanco N, con casi 6 m de profundidad y un talud de unos 15 grados en el flanco S y menor profundidad (Figura 4). Debido

a la colmatación el perfil actual de la cubeta del cuerpo principal es el de una chata "palangana" de escasa profundidad (cota mínima 17.84 m).

Por otra parte, el sector S de la laguna Las Perdices se aloja en otra cubeta, pero de escaso desarrollo y un metro de relleno. Posee forma subrectangular irregular y su perfil primitivo y actual es en "palangana", circunstancia que determina también escaso relieve de fondo y consecuente muy poca profundidad, cuya cota mínima se halla en 18.60 m. La laguna propiamente dicha corresponde al sector Norte, mientras que el sector Sur es naturalmente pantanoso, con desagüe a un arroyo, que aguas abajo se transforma en cañada, la que desemboca en la laguna Santa Rosa (Figura 1).

La morfología lagunar fue definida en base a sus parámetros, los que están representados en la Tabla 1 y referidos a la cota de espejo de agua de 19.50 m snm.

Sector de la laguna	Lmt m	Amx m	Amd m	P km	S km ²	V hm ³	Pmx y cota	Pm xp y cota	Pm m
Norte	4150 (SE)	3390 (NE)	1988	12.62	8.25	13.22	1.66 17.84	2.26 20.10	1.60
Sur	2990 (SE)	1270 (NE)	1087	9.80	3.25	1.97	0.90 18.60	1.30 19.90	0.60
<i>Total</i>	<i>7140</i> (SE)	<i>3390</i> (NE)	<i>1611</i>	<i>22.75</i>	<i>11.50</i>	<i>15.19</i>			<i>1.32</i>

Referencias: Lmt: longitud máxima total; Amx: ancho máximo; Am: ancho medio; P: perímetro; S: área; V: volumen; Pmx: profundidad máxima y su cota; Pm xp: profundidad máxima potencial y su cota; Pm: profundidad media.

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la laguna de las Perdices.

Table 1. Morphometric parameters of laguna de las Perdices. References: Lmt: maximum total length; Amx: maximum width; Am: mean width; P: shoreline length; S: area; V: volume; Pmx: maximum depth and its elevation; Pm xp: maximum potential depth and its elevation; Pm: mean depth.

En el sector N de la laguna la escarpa de erosión (barranca) es de variada altitud y adquiere su máxima expresión en la costa oriental con 2.9 m, respecto a la cota de 19.50 m. Cabe destacar que en general estas escarpas no son verticales, sino que a lo sumo inclinan 65 grados por efecto de

la erosión diferencial de los bancos que la componen y además la mayoría de ellas han sido edafizadas. En el sector S de la laguna la costa posee escarpas de menor expresión altimétrica, la que en los estadios hidrológicos normales no sobrepasan un metro de altura.

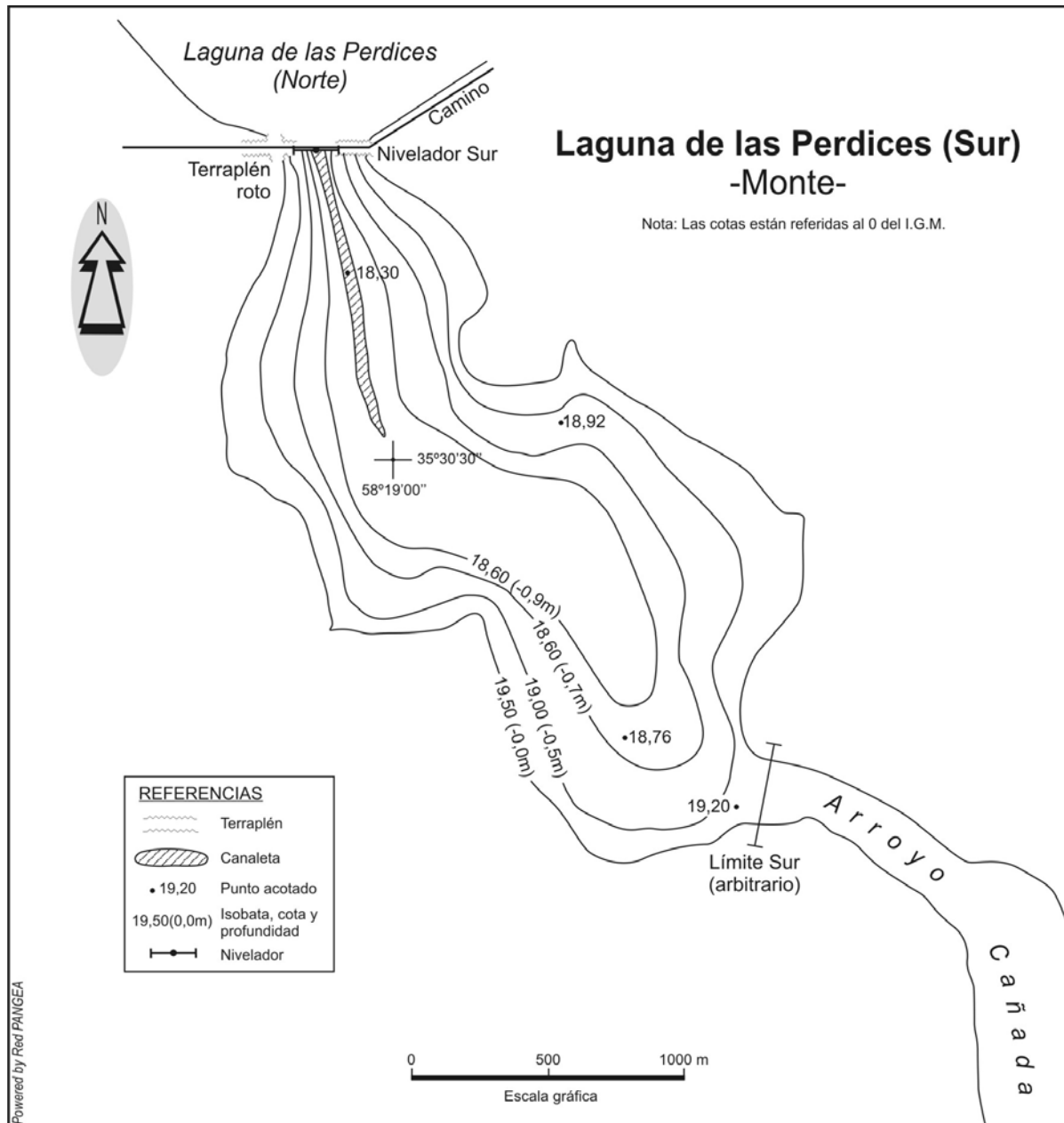


Figura 3. Planimetría y batimetría del sector Sur de la laguna de las Perdices.

Figure 3. Planimetry and bathymetry of laguna de las Perdices South sector.

La laguna forma parte del sistema geomorfológico "cuenca de las Encadenadas de Monte", conformado por dos unidades contrastantes, i.e., el área de dominio fluvio-lacustre y el de la planicie de acumulación limosa eólica. En la primera unidad los elementos geomorfológicos más conspicuos están constituidos principalmente por cauces, cubetas, bañados, planos aluviales y las formas antrópicas (zanjas y zanjones, canaletas, terraplenes de caminos, puentes, alcantarillas y caminos. La laguna pertenece a la unidad descripta. En la segunda unidad los elementos son más escasos y corresponden a formas de erosión-acumulación y las antrópicas ya mencionadas. Entre las primeras se destacan diversos tipos de meso y microcubetas, pantanos y bañados, las lomadas y los elementos de origen edáfico, determinados por alcalinidad, hidromorfismo, etc. El entorno lagunar se corresponde con esta segunda unidad geomorfológica.

Los suelos de la zona corresponden al área terminal de las llanuras onduladas, cuyo límite S es el río Salado (INTA, 1989). El paisaje se conforma de planicies altas planas a suavemente onduladas, depresiones y cubetas. En las posiciones más altas del relieve se desarrollaron Hapludoles taptoárgicos y en las más planas Argiudoles ácuicos y Hapludoles taptonátricos. Los suelos con menor representación que acompañan estas asociaciones se encuentran en las márgenes de cubetas, zonas deprimidas anegadizas en las que se pueden formar charcos y las vías de escurrimiento. Estos suelos están representados en las márgenes de cubetas y vías de escurrimiento por Argialboles argiácuicos y Natralboles típicos y en las depresiones anegadizas por Natracuoles típicos y Natracualfes típicos.

El área circundante a la laguna posee suelos de diversa aptitud agrícola, siendo las limitaciones de uso del suelo el anegamiento y la presencia de sodio desde la superficie. Al E, SE y S de la laguna se hallan los mejores suelos de

la región, con escasas limitaciones de uso (Clase II). En el resto del perímetro lagunar predominan suelos con mayores limitaciones por drenaje, anegamiento y alcalinidad. En la proximidad de la cubeta y las vías de escurrimiento aparecen suelos hidromórficos no aptos para cultivos, limitados a praderas naturales con posibles mejoras.

La pedogénesis regional afectó tres depósitos eólicos, cuyas edades abarcan desde el Pleistoceno tardío al Holoceno tardío-tardío. El de mayor edad es el Geosuelo Sin Nombre (Tonni & Fidalgo, 1978), que se desarrolló a partir del loess de la Formación Buenos Aires (Riggi *et al.*, 1986); el intermedio, el Geosuelo Puesto Berrondo (Fidalgo *et al.*, 1973) desarrollado en el loess de la Formación La Postrera III (Dangavs, 2005 b) y localizado en el relieve más alto de la costa N y E de la laguna y por último el más reciente, que recubre los anteriores y se encuentra aún en desarrollo a expensas del sedimento eólico de la Formación La Postrera IV (Dangavs, 2005 b).

La laguna se encuentra asentada en depósitos sedimentarios del Cuaternario, cuyos afloramientos son visibles solamente en sus barrancas. Por las circunstancias apuntadas, asoman solamente depósitos de los terrenos asignables al Pleistoceno medio/superior y Holoceno. Así, en la sucesión geológica superficial de la periferia lagunar, hemos reconocido cinco unidades litoestratigráficas y dos pedoestratigráficas, excluido el suelo actual en desarrollo (Tabla 2). A continuación se describe desde abajo hacia arriba dicha secuencia.

Los depósitos superficiales más antiguos de la región constituyen la roca de base del paisaje actual y son visibles en bajante en la base de las barrancas y en estiaje en las playas de la costa N, E y O del sector N de la laguna. Esta unidad se compone de limolitas arenosas y homeoconglomerados con rodados y matriz pelítica de color castaño oscuro (7.5YR 4/4), desde masivas a estratificadas, leve a bien consolidadas y cementadas por carbonato de calcio en

Época	Unidad Litoestratigráfica	Unidad Pedoestratigráfica	Sitio: barranca	Sitio: lecho
HOLOCENO	Aluvio	Suelo actual		Aluvio
	F La Postrera IV	Suelo Actual	F La Postrera IV	F La Postrera IV
	F Subfluvial	Geosuelo Puesto Berrondo	Geosuelo Puesto Berrondo	
	F La Postrera III		F La Postrera III	
	F Luján, Mb Río Salado	Geosuelo Puesto Callejón Viejo (*)		F Luján, Mb Río Salado
PLESISTOCENO	F La Postrera II (*)			
	F Luján, Mb Lobos			F Luján, Mb Lobos
	F La Postrera I			F La Postrera I
	F Luján, Mb La Chumbiada	Geosuelo Sin Nombre	Geosuelo Sin Nombre	F Luján, Mb La Chumbiada
	F Buenos Aires		F Buenos Aires	F Buenos Aires
	F Ensenada		F Ensenada	F Ensenada

Referencias: (*): unidades ausentes en la laguna de las Perdices; F: Formación; Mb: Miembro.

Tabla 2. Unidades estratigráficas del Pleistoceno/Holoceno de la cuenca del río Salado y las correspondientes en la laguna de las Perdices.

Table 2. Pleistocene/Holocene stratigraphic units of the Salado River basin and those at Laguna de las Perdices. References: (*): absent units at shallow lake de las Perdices; F: Formation; Mb: Member.

forma de septos subverticales a verticales. Estos depósitos se correlacionan con la Formación Ensenada (Riggi et al., 1986) del Pleistoceno medio.

Encima se dispone en discordancia erosiva un sedimento loésico castaño amarillento claro (10YR 6/4), friable a levemente endurecido, de textura limo-arenosa y estructura migajosa, con abundante bioturbación de raíces, tubos de insectos y calcretas en forma de muñecos. Esta unidad aflora en casi todo el perímetro lagunar con espesores dispares que apenas superan un metro, incluido el paleosuelo truncado de su porción cuspidal, compuesto por los horizontes Bt y BC, cuyo conjunto alcanza 0.40 m de espesor. Esta unidad loésica se correlaciona con la Formación Buenos Aires (Riggi et al., 1986) y su paleosuelo cuspidal con la unidad pedoestratigráfica

Geosuelo Sin Nombre (Tonni & Fidalgo, 1978), ambos del Pleistoceno tardío.

En los tramos más elevados de la costa N y NE se halla un depósito eólico muy erosionado de hasta 0.72 m de espesor, que consiste en un loess limo arenoso castaño muy claro (10 YR 6/3), friable a levemente endurecido y sin calcretas. En algunos afloramientos conserva en la parte cuspidal un paleosuelo truncado de 0.3 m con un horizonte Bw corto con estructura prismática débil. Esta unidad estratigráfica se correlaciona con la Formación La Postrera III (Dangavs, 2005 b) del Holoceno medio a tardío y el paleosuelo con el Geosuelo Puesto Berrondo (Fidalgo et al., 1973) del Holoceno tardío.

El depósito que corona las barrancas está representado por 0.5 - 0.6 m de un sedimento eólico de aspecto loésico, en

cuyo seno se desarrollan los suelos franco-arenosos actuales de perfil edáfico corto (A - AC). En los sectores deprimidos aparece con rasgos de hidromorfismo debajo del Aluvio actual e incluso se destaca su presencia en el relleno lagunar. La unidad se compone de limos arenosos friables a levemente endurecidos con abundante materia orgánica, color castaño grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) y estructura granular a migajosa en el horizonte A y castaño grisáceo oscuro (10YR 4/2) y estructura granular en el AC. Esta unidad se asigna a la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío-tardío (Dangavs, 2005 b). En los sectores de costa más baja y en las playas, la cubierta sedimentaria está conformada por los depósitos acumulados en el ambiente actual, denominados colectivamente "Aluvio". Estos sedimentos presentan su mayor desarrollo en el lecho lagunar, donde serán descriptos en el acápite de Sedimentos colmatantes.

Clima e Hidrología

Según Köppen & Geiger (1954), la región se encuentra comprendida en la zona de América del Sur de clima lluvioso y moderadamente cálido, siendo la característica del clima principal el templado húmedo, zona climática de transición al cálido, con inviernos suaves y veranos calurosos. La temperatura media anual en la zona es de 15.8 °C (promedio 1901/90), la media mensual del mes más frío es de 9.2 °C (junio) y la del más cálido 22.4 °C (enero).

El régimen hidrológico de la laguna se estableció caracterizando las precipitaciones de la cuenca y sobre la laguna, la evaporación, el escurrimiento superficial y freático, la freaticimetría, la interrelación del cuerpo de agua con el agua subterránea, el balance hídrico anual y la dinámica acuática.

Precipitaciones

Las lluvias son abundantes y de distribución bastante regular. Las normales del período 1893/2001 alcanzan a 928 mm.año⁻¹ y la

media mensual a 77.2 mm. En general todos los meses del año tienen precipitaciones, siendo la época más lluviosa el otoño (30.7 %). 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 es marzo con 110 mm de promedio y el más seco julio con 48.8 mm, siendo el máximo y mínimo anual registrado en la zona de 1836 mm en 1993 y 484 mm en 1910, respectivamente. El dato de mayor pluviosidad para un solo mes corresponde a marzo de 1988 con 520 mm, seguido por marzo de 2001 con 329 mm. Respecto a las lluvias de invierno, éstas se han mantenido prácticamente constantes en todo el período analizado.

No obstante la regularidad pluviométrica, existe una tendencia climática general alternante de períodos de mayor o menor pluviosidad. Así, de la media anual de 844.5 mm del período 1893-1974, en el lapso 1975-2001 las lluvias incrementaron 27.3 % respecto de la media histórica, ascendiendo a 1181 mm.año⁻¹. Este período de mayor humedad coincidió con las mayores inundaciones registradas en la región.

Evaporación

La tasa de evaporación en superficies de agua libre es de particular interés en geolimnología, debido a su influencia en el ciclo hidrológico y por ende en las varianzas del espejo de agua considerado. La evaporación en superficies de agua libre depende de muchas variables; sin embargo, de todos los factores que intervienen, los más importantes son la temperatura del agua y la diferencia entre las temperaturas del aire y del agua (Rohwer, 1931). Las pérdidas por evaporación se pueden estimar, entre otros métodos, mediante datos corregidos del tanque tipo A, fórmulas empíricas para el cálculo del poder evaporante de la atmósfera y la evaporación directa a partir de la masa de agua.

Para la estima de evaporación en tanque tipo A y dada su proximidad con Monte,

se utilizaron datos del SMN de la evaporación media mensual de Lobos, cuyos valores corregidos indican una evaporación media anual de 939 mm.año⁻¹ (Tabla 3).

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
s/c	192	152	131	91	70	54	52	72	89	127	151	181	1372
corr	132	105	90	63	48	37	36	50	61	88	104	125	939

Tabla 3. Evaporación en tanque tipo A, localidad de Lobos. Medias mensuales del periodo 1956-1977 sin corregir (s/c) y datos corregidos (corr; C: 0,69). Valores mensuales y anuales en mm.

Table 3. Evaporation in A type pan, Lobos city. Monthly means for the years 1956-1977, without adjusted (s/c) and adjusted (corr; C: 0,69) data. Monthly and annual data in mm.

Para la región de Monte el poder evaporante de la atmósfera según la fórmula de Turc (1954), alcanza a 892.2 mm.año⁻¹, que promediado con los datos del Tanque A (939 mm.año⁻¹), nos permite estimar la evaporación anual de la laguna. Así, en función de la superficie lagunar (1150.6 ha), el volumen de agua en cota de 19.50 m (15.19 hm³) y el promedio de evaporación anual de la laguna (915.6 mm.año⁻¹), resulta que la cantidad de agua evaporada anualmente es de 10.54 hm³.año⁻¹. Dicho dato indica que del total de agua almacenada, la transferencia atmosférica representa la mayor pérdida anual de las reservas de la laguna (69.4 %).

Escurrimiento fluvial

El escurrimiento fluvial es la cantidad de agua que circula por unidad de tiempo, sumatoria del escurrimiento superficial y subterráneo, este último aportado por el caudal de base del agua libre subterránea (agua freática). Mediante el escurrimiento superficial, el agua ingresa en el extremo NE proveniente de la laguna del Monte, mediante un vertedero de diente fijo en cota 19.26 m y desagua por su extremo S hacia la laguna Santa Rosa. Cuando el nivel de la laguna del Monte desciende por debajo de la cota del vertedero cesa su aporte superficial, permaneciendo el sistema abierto sólo para las aguas

subterráneas. El comportamiento del escurrimiento subterráneo será detallado en el acápite de Freatimetría.

No existen datos de aforo de caudales en la cuenca; no obstante, se puede atribuir al escurrimiento fluvial un coeficiente porcentual respecto del total de las precipitaciones, por comparación con parámetros geomorfológicos de otras cuencas de llanura. Así, en base al modelo del río Matanza (EASNE, 1972) se considera que la relación entre las precipitaciones y los escurrimientos se encuentra entre un coeficiente máximo de 0.1 y un mínimo de 0.04; estableciéndose para esta cuenca un coeficiente medio de 0.07, con lo cual se obtiene un volumen de escurrimiento fluvial, en sistema abierto, hacia la laguna Santa Rosa de 38.95 hm³.año⁻¹ para este sector de cuenca alta de las Encadenadas de Monte de 599.6 km².

Finalmente, cabe señalar que en el estrechamiento que separa ambos sectores de la laguna, existe una obra hidráulica con vertedero en cota de 19,11 m (nivelador sur), debajo de la cual el sistema debería estar cerrado para las aguas superficiales. Sin embargo, desde hace años dicho terraplén está deshecho, permitiendo la libre circulación del agua.

Freatimetría

Para establecer la relación entre el agua freática y el nivel lagunar se instalaron en el perímetro lagunar 8 freatímetros, donde se realizaron mediciones periódicas entre enero de 2001 y julio de 2002, en base a las cuales se pudo constatar la interrelación entre ambos niveles. Así, en condiciones de nivel lagunar normal (19.50 m) el nivel freático es positivo respecto de la laguna en casi todo su perímetro (la laguna recibe agua de la zona de saturación) y negativo en su extremo S (cede agua al acuífero en dirección hacia la laguna Santa Rosa). Este comportamiento hidrológico establece el carácter efluente-influente del sistema. Por otra parte, la continua descarga subterránea hacia la laguna determina que el nivel lagunar oscile de la misma manera que el freático, salvo las diferencias impuestas por la permeabilidad de ambos medios, debido a lo cual podemos clasificar la laguna como freática.

En síntesis, la recarga freática de la región es meteórica y la descarga se produce en la cubeta lagunar. Incluso la existencia de la laguna es debida al aporte freático. En condiciones hidrológicas de excesos pluviales estas relaciones pueden invertirse al aumentar bruscamente el nivel lagunar, superando al freático, en cuyo caso la laguna cede agua al acuífero en todo su perímetro (laguna influente). Si el fenómeno es potenciado por las crecidas del río Salado, que impiden el desagüe de los excesos pluviales o en el caso más drástico, cuando se produce la inversión del sentido de escurrimiento superficial, las aguas del río Salado ascienden en contracorriente e ingresan al sistema lagunar, produciendo inevitablemente el desborde, incluso el afloramiento de la capa freática en los sectores más bajos, aledaños a la costa. Por otra parte, durante las sequías, aunque la laguna

disminuya su nivel sigue recibiendo agua subterránea en tanto exista un gradiente hidráulico positivo entre la capa freática y la laguna; en caso contrario se seca, tal como fue la situación imperante en el sector S de la laguna desde 2004 hasta 2009.

Balance hídrico anual de la laguna

El estudio hidrológico de la laguna implica el conocimiento de su ciclo hidrológico, donde toda el agua que ingresa al sistema es directa o indirectamente agua de lluvia. Dicho ciclo toma la forma de balance según la siguiente ecuación:

$$(Ganancias) \quad (Pérdidas)$$

$$P + Efe = Evt + Efs \quad (1) \text{ donde,}$$

P = es la precipitación sobre el espejo lagunar;

Efe = ingreso de escurrimiento fluvial, i.e. sumatoria del escurrimiento superficial y freático;

Evt = egresos mediante la evapotranspiración del espejo lagunar;

Efs = egresos mediante el escurrimiento fluvial de la laguna.

Todos estos elementos pueden ser dimensionados en unidades de volumen y expresados en $\text{hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$.

La ecuación representa un volumen lagunar en equilibrio, que rara vez se produce en un cuerpo de agua, dado que si se cambia un término, también cambiará el volumen retenido y el espejo de agua ascenderá o descenderá según la expresión de esta otra fórmula:

$$\Delta V = V_i + (P + Efe) - (Evt + Efs) \quad (2) \text{ donde,}$$

ΔV = es la variación de volumen;

V_i = es el volumen inicial.

De todos estos parámetros los únicos conocidos son P, Vi y ΔV. Así, el volumen retenido (Vr) será determinado por la diferencia entre los ingresos y egresos, de acuerdo al siguiente criterio:

$$Vr = P + Efe - (Evt + Efs) \quad (3)$$

$$Vr = 15.19 \text{ hm}^3; P = 10.68 \text{ hm}^3; Efe = 38.95 \text{ hm}^3 \text{ y } Evt = 10.54 \text{ hm}^3$$

Luego, reemplazando en la fórmula (3):

$$15.19 \text{ hm}^3 = (10.68 \text{ hm}^3 + 38.95 \text{ hm}^3) - (10.54 \text{ hm}^3 + Efs) \quad (4)$$

y despejando:

$$Efs = P + Efe - Evt - Vr$$

$$Efs = 10.68 \text{ hm}^3 + 38.95 \text{ hm}^3 - 10.54 \text{ hm}^3 - 15.19 \text{ hm}^3 = 23.90 \text{ hm}^3 \quad (5)$$

Del desarrollo de las fórmulas se aprecia que las pérdidas de agua en la laguna representan el 69.4 % del ingreso total anual, cuyo saldo positivo de 30.6 % es el que mantiene el espejo lagunar. Sin embargo, en caso de disminuir las precipitaciones y viceversa, se alterarán todos los términos de la ecuación, salvo Evt, que aproximadamente es constante. La precipitación y la evaporación en la superficie lagunar no resultan importantes en el total del balance, pero sí individualmente, dado que la evapotranspiración consume más de 2/3 del volumen lagunar y la precipitación sobre el espejo lagunar aporta el equivalente al 70.3 % del volumen de la laguna, siendo el saldo positivo de apenas $0.14 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, que representa el 0.92 % del volumen lagunar en relación a estos parámetros. Dicha circunstancia permite señalar que el valor que prácticamente regula el volumen de la masa líquida es el del escurrimiento fluvial, cuya diferencia positiva entre el volumen entrante (Efe) y saliente (Efs) alcanza a $15.05 \text{ hm}^3 \cdot \text{año}^{-1}$, es decir el 99.08 % del volumen de la laguna en cota de 19.50 metros.

El balance se realiza para la laguna con su volumen a la cota de 19.50 m y los flujos anuales de precipitación, escurrimiento fluvial que ingresa, y la evaporación, quedando como incógnita el egreso mediante el escurrimiento fluvial, i.e.,

Dinámica acuática

La laguna está directamente ligada al régimen hidrológico de la región; de ahí que cualquier cambio en los aportes influirá drásticamente en el funcionamiento del espejo lagunar. Asimismo, también incide en el normal funcionamiento del ambiente la pérdida de profundidad, debido a la colmatación, que se traduce en la paulatina reducción de su capacidad de reservorio, la que en el sector N es mayor que en el S, por lo cual el sector N mantiene un espejo de agua casi constante, mientras que el S se seca frecuentemente (seco entre 2004 y 2009).

Para el mantenimiento de volúmenes compatibles con la existencia del cuerpo de agua en niveles aceptables, la laguna necesita la adecuada provisión de agua. De la que ingresa al sistema, los mayores volúmenes son movilizados por el agua freática. Siendo efluente en todo el perímetro, salvo el sector S, donde para a ser influente. Respecto al agua superficial, encima de la cota de 18.60 m, la laguna es exorreica y escurre hacia el río Salado, pero debajo de 18.60 m es

endorreica por cese de su conexión con la laguna Santa Rosa.

En los períodos de balance hídrico positivo ($P > E_{tv}$), los aportes superficiales y freáticos son abundantes y el espejo lagunar se mantiene constante o asciende. En los de balance negativo ($E_{tv} > P$) se produce el lento descenso del nivel lagunar, en coincidencia con el descenso freático y excepcionalmente puede llegar a secarse, cuando el nivel freático desciende por debajo del lecho lagunar. Al respecto, la laguna estuvo seca en 1893, 1910 y 1972. También experimentó grandes descensos en 1897-1899, 1904-1909, 1916-1918, 1942, 1954, 1956-1957, 1967-1971 y 2004-2009. Durante el último período señalado el sector S de la laguna estuvo totalmente seco y el cuerpo principal perdió hasta 45 % de su espejo de agua.

En síntesis, el ciclo del agua en la laguna indica la gran interdependencia de los

niveles lagunares con los fenómenos climáticos; de ahí que cualquier alteración puede llegar a tener efectos indeseados. Pero también hay que tener en cuenta que algunos parámetros son manejables y otros no. Así, las lluvias y la evapotranspiración no se pueden regular, el agua subterránea, en líneas generales tampoco. En cambio se puede alterar el ingreso y egreso superficial, mediante el manejo del agua en la cuenca. De todo ello se desprende que, para el adecuado funcionamiento del ambiente, se deben abarcar tres aspectos fundamentales: la provisión de agua, la conservación de la cubeta y la recuperación y conservación de la calidad del agua. En este último aspecto, cabe señalar que a los aportes naturales se añade desde hace más de 25 años la descarga cloacal de la ciudad, proveniente de la planta de tratamiento, la que desagua en la costa N, con sus implicancias altamente negativas para la calidad del biótomo.

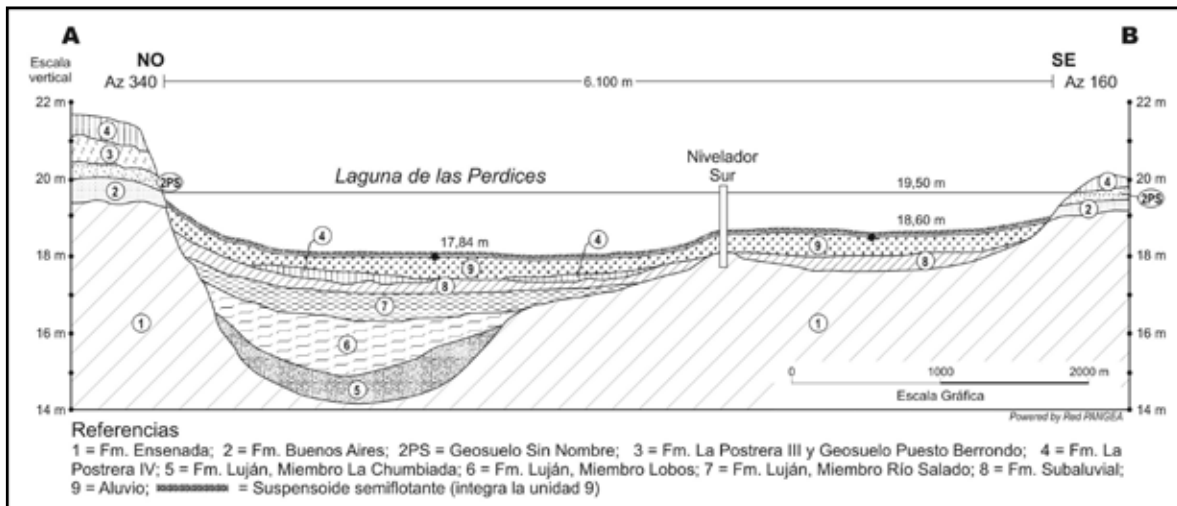


Figura 4. Laguna de las Perdices: perfil geológico NO-SE.

Figure 4. NW-SE geologic cross-section of the Laguna de las Perdices.

Depósitos colmatantes paleolímpnicos y actuales

Sobre el lecho primitivo de ambas cubetas, labrado en las sedimentitas de la Formación Ensenada (Riggi et al., 1986), se hallan hasta 4.61 m de sedimentos colmatantes en el cuerpo principal y 1.03 m en el sector S, en cuyo espesor se han reconocido 7 unidades estratigráficas que abarcan más de 30000 años de sedimentación discontinua. Cuatro corresponden a acumulaciones paleolímpnicas, dos a depósitos eólicos y la superior a los depósitos del ambiente actual (Tablas 3 y 4; Figura 4). No obstante que los depósitos actuales son los de mayor interés a los fines del estudio, la secuencia subyacente al ambiente actual constituye la evidencia de los cambios climáticos seco-húmedos acaecidos en la región pampeana desde el Pleistoceno superior hasta el presente. A continuación se describe de abajo hacia arriba la sucesión estratigráfica señalada.

Unidad 1. Sedimentos del primer paleoambiente límpnico

En la parte septentrional del sector N se asienta sobre el piso de la cubeta el primer depósito colmatante, conformado por 1 m de depósitos limo-arenosos castaño claros (10YR 6/3), masivos y levemente consolidados. Su contenido en bioclastos consiste en fragmentos de huesos de grandes mamíferos y restos de organismos de agua dulce análogos al del ambiente actual y además conchillas de *Heleobia ameghinoi*. Este depósito representa un paleoambiente fluvio-lacustre que se correlaciona con la Formación Luján, Miembro La Chumbiada (Dillon & Rabassa, 1985) del Pleistoceno tardío. Iriondo & Kröhling (1995) asignan la etapa cálida y húmeda que acumuló al Miembro La Chumbiada al estadio

isotópico EIO3, con una edad que supera los 30 ka antes del presente (AP).

Unidad 2. Primer depósito eólico

En proximidades de la costa NE del cuerpo principal, sobre la unidad anterior se halla un depósito eólico intracuencial de arenas limosas y limos arenosos de 1.4 m de espesor, 140 m de ancho y 1.8 km de largo. Este sedimento de aspecto castaño rojizo (7.5YR 6/2 = gris rosado) es friable a levemente endurecido, sin estructuras y formado esencialmente por clastos de arcilla (*pellets*) floculados en partículas de tamaño arena y limo grueso, que fueron acumulados como una duna de arcilla (Dangavs, 1979). El contenido en bioclastos es escaso y corresponden a pequeños fragmentos óseos de animales terrestres y de organismos acuáticos redepositados. Este depósito proviene de la deflación de los sedimentos del Miembro La Chumbiada, acaecida durante un episodio de aridez del Pleistoceno tardío que se correlaciona con la Formación La Postrera I (Dangavs, 2005 b). Según Iriondo & Kröhling (1995) esta etapa de aridez se corresponde con el último Máximo Glacial, que se puede situar entre los 28 y 20 ka AP.

Unidad 3. Sedimentos del segundo paleoambiente límpnico

En la parte centro-norte del cuerpo principal, suprayacen a los depósitos anteriores acumulaciones limo-arenosas y fango-arenosas gris oliva claras (5Y 6/2) de 1.50 m de espesor, masivas y levemente consolidadas. El contenido de restos fósiles es abundante, representado principalmente por conchillas de agua dulce análogas a las del ambiente actual y en menor grado de linaje marino, i.e.: *Heleobia australis*, *H. australis nana* y *cónchulas*

de foraminíferos de *Ammonia beccarii parkinsoniana* y *Elphidium discoidale*. Se destaca también la presencia de improntas de tallos con cementos de hierro y pequeños fragmentos óseos rodados de mamíferos fósiles.

El depósito descrito representa las acumulaciones de un paleoambiente dulciacuícola a salobre con elementos de habitat eurihalino, para cuyos restos se admite el origen atalásico (*sensu* Cann & De Deckker, 1981) y se correlaciona con la Formación Luján, Miembro Lobos del Pleistoceno tardío-tardío al Holoceno temprano (Dangavs & Blasi, 2003). Cabe destacar que los restos de abalengomarina se hallan en la parte superior del depósito y representan un halobios, relacionado con el clima más seco posterior, donde el ambiente dulciacuícola se transformó en un lago salado (Dangavs, 2009). Para Iriondo (1999) este nivel estratigráfico corresponde, en sus comienzos, a la etapa húmeda final del estadio isotópico EIO2 (20 a 14 ka AP) y en las postrimerías a la fase climática árida subsiguiente, que abarca el intervalo entre los 14 y 8.5 ka AP.

Unidad 4. Sedimentos del tercer paleoambiente límnic

Sobre el Miembro Lobos se dispone un depósito pelítico calcáreo (margoso) gris claro (10YR 7/2), con lentes de ceniza volcánica y muy abundante carbonato de calcio. Su espesor no supera 0.70 m y se compone de limos arenosos, fangos arenosos y limos. Estos sedimentos son homogéneos, masivos, levemente endurecidos, porosos y livianos. Los bioclastos son extraordinariamente abundantes y corresponden a las mismas especies del ambiente actual, destacándose además los fragmentos de tufas calcáreas con improntas vegetales

con apariencia de helófitas y la extrema abundancia de valvas de ostrácodos (barro de ostrácodos).

Esta unidad representa un paleoambiente dulciacuícola lacustre que paulatinamente se

transformó en palustre calcáreo y que se correlaciona con la Formación Luján, Miembro Río Salado del Holoceno temprano (Fidalgo *et al.*, 1973). Según Iriondo & García (1993), este nivel estratigráfico abarcaría el intervalo de clima cálido y húmedo situado entre los 8.5 y 3.5 ka AP.

Unidad 5. Sedimentos del cuarto paleoambiente límnic

En ambos sectores de la laguna; sobre los sedimentos del Miembro Río Salado en el sector N y sobre el lecho primitivo en el S se encuentran depósitos pelíticos grises a grises claros (10YR 5/1 a 6/1) de hasta 0.43 m de espesor, masivos, levemente endurecidos a muy duros en seco, con escasas raíces y abundantes conchillas. Están representados por cuatro tipos texturales: limos arenosos, fangos arenosos, fangos y arcillas arenosas. En la zona marginal del cuerpo principal predominan los limos arenosos y en la central fangos arenosos, en cambio, en el sector S se hallan fangos arenosos, fangos y arcillas arenosas. Los restos de organismos son abundantes y semejantes a los del ambiente actual, salvo una diferencia, la presencia de restos de algas charáceas. Los depósitos de este nivel estratigráfico se correlacionan con la Formación Subfluvial de Doering (1884) del Holoceno tardío. Iriondo & García (1993) asignan a este evento climático húmedo y cálido una antigüedad entre 1.4 y 0.8 ka AP.

Unidad 6. Segundo depósito eólico

En algunas zonas del cuerpo principal, debajo de la cubierta aluvial aparece un sedimento eólico de 0.33 m de espesor. Se trata de limos arenosos castaño grisáceos oscuros (10 YR 4/2) de textura limo-arenosa, estructura en agregados de bloques subangulares regulares y con abundante bioturbación de raíces. La consistencia es friable a levemente consolidado. Los bioclastos son escasos y están representados por fragmentos óseos de pequeños mamíferos, restos carbonosos, semillas, tejidos vegetales y fitolitos. Este depósito terrestre se asigna a la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío-tardío (Dangavs, 2005 b), que se correlaciona con la etapa de aridez de la denominada Pequeña Edad de Hielo, que Iriondo & García (1993) sitúan entre 0.8 y 0.2 ka AP.

Unidad 7. Sedimentos límnicos actuales

La cubierta sedimentaria está constituida por depósitos con abundantes restos vegetales, materia orgánica, colores oscuros y delgadas lentes de ceniza volcánica. Estos barros son de variadas texturas que decrecen en tamaño hacia el interior de las cubetas, salvo en los sitios de circulación restringida, determinada por el efecto de peine de las barreras de juncales y de la trampa de sedimentación de las estructuras hidráulicas, donde incluso adquieren sus máximos espesores, que en proximidades de la costa N, NO y NE del cuerpo principal alcanzan 0.85 m de potencia y 0.65 m en la zona S de la periferia lagunar.

Este conjunto sedimentario está conformado por dos secciones contrastantes (superior e inferior). La superior, presente en la mayor parte del lecho lagunar consiste en un sedimento suspensoide, semi-flotante, gelatinoso, poco consistente, de color oliva claro,

constituido por materia orgánica, geles bacterianos y más de 70 % de arcilla < 0,5 µm. El espesor de esta masa subácnea ondulante es incierto; en algunos sitios puede alcanzar hasta 0.40 m (no considerado en los espesores indicados), que al secarse se reduce drásticamente a 1 o 2 centímetros.

La sección inferior se compone de sedimentos pelíticos grises oscuros (10YR 4/1) a muy grises oscuros (7.5YR 3/0), macizos, sin estructuras, levemente endurecidos a extremadamente duros en seco, con abundantes restos vegetales y animales. En general estos sedimentos son densos; sin embargo, la presencia de abundantes conchillas, ceniza volcánica y raíces genera en algunos sitios un material esponjoso y liviano. En esta sección se han reconocido cinco tipos texturales: limos arenosos, limos, fangos arenosos, fangos y arcillas, todos los cuales están representados en el cuerpo principal; en cambio, en el sector S se acumulan solamente fangos arenosos y fangos. Los parámetros texturales y estadísticos medios de los sedimentos actuales están representados en la Tabla 4.

Los limos arenosos ocupan la franja externa del sector N, los fangos arenosos y los limos la parte central. Los sedimentos de texturas más finas (fangos y arcillas) son de escasa distribución y se presentan en los sitios de mayor abrigo a la circulación entre los juncales (fangos) y en las áreas próximas a las estructuras hidráulicas de circulación restringida (arcillas). En el sector S la distribución de los sedimentos no es tan marcada, ya que ambos tipos texturales (fangos arenosos y fangos) se entremezclan entre la densa vegetación palustre del sector.

En los limos arenosos el contenido de arena ha permitido separarlos en gruesos y finos. Los más gruesos se ubican en la franja marginal, mientras que en la zona central se ubican los más finos

Arena %	Limo %	Arcilla %	Tex	Mz φ	σ_I	S_K	K_G
40	54	6	LA	4.57	1.32	0.56	1.61
16	68	16	LA	5.82	2.05	0.30	1.07
23	47	30	FA	6.95	3.65	0.75	0.79
8	66	26	L	6.47	2.19	0.28	0.97
5	41	54	F	8.67	3.31	-0.02	0.71
3	16	81	AR	10.4	2.67	-0.23	1.05

Referencias: Tex: textura; LA: limo arenoso; FA: fango arenoso; L: limo; F: fango; AR: arcilla; Mz: media gráfica; σ_I : desvío; S_K : asimetría; K_G : curtosis.

Tabla 4. Parámetros texturales medios de sedimentos actuales.

Table 4. Texture mean parameters in present sediments. References: Tex: textura; LA: sandy silt; FA: sandy mud; L: silt; F: mud; AR: clay; Mz: graphic mean; σ_I : deviation; S_K : asimetry; K_G : kurtosis.

(casi limos). Los más gruesos son de distribución granulométrica unimodal, con la moda en la arena muy fina y los más finos bimodales en el limo fino y la arcilla $< 0.5 \mu\text{m}$.

Los fangos arenosos son de distribución polimodal en el limo fino, la arcilla $< 0.5 \mu\text{m}$ y en la arcilla de $2 \mu\text{m}$. Los limos son bimodales en el limo mediano y en la arcilla de $2 \mu\text{m}$ y los fangos polimodales en la arcilla $< 0,5 \mu\text{m}$, el limo mediano y en la arcilla entre 3.9 y $2 \mu\text{m}$.

La textura arcilla aparece en un solo sitio, en proximidades del nivelador de la laguna del Monte y su distribución granulométrica es polimodal en la arcilla $< 0.5 \mu\text{m}$ (64.3%), en la arcilla de $2 \mu\text{m}$, en el limo fino y en el grueso.

La composición mineral de la unidad se caracteriza en los tamaños mayores ($>0.25 \text{ mm}$) por el predominio en los sectores marginales de pequeños rodados de calcretas (tosca) y limolitas, en cambio hacia el interior de las cubetas, en estos tamaños solamente hay conchillas. En la arena fina (0.25 a 0.125 mm) aparece la mineralogía volcánico-clástica, siendo abundante el vidrio volcánico, a veces

dominante, acompañado de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, líticos volcánicos y micas. El vidrio volcánico se presenta en trizas límpidas, salvo en las arcillas, donde suele estar alterado. En la arena muy fina (0.125 a 0.062 mm) predomina la plagioclasa, seguida de vidrio volcánico y cuarzo. En el limo grueso (0.062 a 0.031 mm) la mineralogía es afín a la de arena muy fina, con aumento de minerales pesados, siendo el principal la magnetita, acompañado de anfíboles y micas. En los niveles de ceniza volcánica es frecuente la ceniza $< 0.062 \text{ mm}$ de color blanco (chonita).

Los restos de organismos (bioclastos) son muy abundantes y consisten en su gran mayoría en raíces, tejidos vegetales, conchillas y fragmentos óseos de pequeños mamíferos y aves. Además se encuentran semillas, fitolitos, frústulos de diatomeas, restos de insectos, escamas, dientes, placas óseas y vértebras de peces, espículas de espongiarios, y abundantes valvas de ostrácodos. Las conchillas están representadas por valvas del pelecípodo *Anodontites sp* y conchillas de gasterópodos: *Heleobia parchappei*, *Biomphalaria tenagophila*,

Succinea meridionalis, *Pomacea canaliculata*, *Lymnea viatrix*, *Scolodonta semperi*, *Ancylus sp* y *Tropicorbis sp*.

Los sedimentos de la unidad corresponden a las acumulaciones del ambiente actual, denominadas colectivamente "Aluvio", cuya edad máxima apenas supera los 0.2 ka.

Respecto al origen de las cubetas, éstas fueron generadas por procesos deflacionarios a partir de un valle fluvial preexistente. La edad de la cubeta N es pleistocena tardía, excavada durante las acciones eólicas de deflación-acumulación, que originaron el loess de la Formación Buenos Aires (Riggi *et al.*, 1986), en cambio el sector S es de menor antigüedad, generado en el Holoceno medio a tardío en la etapa árida que también acumuló la Formación La Postrera III (Dangavs, 2005 b).

Físico-Química del Agua

El agua de la laguna fue evaluada en los aspectos físico-químicos, estableciéndose la composición, tipificación y clasificación limnológica (Tablas 5 y 6). Para determinar el grado de polución se utilizaron datos físico-químicos y bacteriológicos del agua y químicos de los sedimentos de fondo (Tablas 5, 11 a14). Asimismo, con fines comparativos se analizó el efluente cloacal que descarga en la laguna (Tablas 7 a10).

Características físicas

Hasta los años 1980 el agua de la laguna era límpida, inodora y de coloración amarillenta. La transparencia medida con disco de Secchi variaba con la época de año entre un máximo de 0.60 m en los meses de otoño e invierno a un mínimo de 0.17 m en primavera y verano, debido a la presencia de abundante fitoplancton. En la actualidad, a nivel normal (19.50 m)

el agua es turbia, inodora y de coloración verdosa, salvo en la proximidad del desagüe cloacal, donde el color es gris y son frecuentes los flóculos de materia orgánica y olor desagradable, el que en estiaje (18.50 m) se percibe en todo el entorno lagunar. Asimismo, en la zona del desagüe cloacal y a cientos de metros del mismo es común el burbujeo proveniente del lecho lagunar, producido por la eliminación de gases, producto de la descomposición de la materia orgánica.

Los datos recientes de turbiedad (Tabla 5) indican valores mínimos, entre 24 y 35 NTU, en el nivelador sur y máximos, entre 250 y 341 NTU, en la zona de menor circulación en el NO lagunar y al NE, en proximidades del nivelador de la laguna del Monte. En la zona próxima a la descarga del efluente cloacal los valores son intermedios, tal como en el resto del espejo lagunar.

Los tenores de oxígeno disuelto en varios sitios de muestreo indican: valor mínimo 0.35 mg.L⁻¹ en la zona de la salida cloacal; incrementan a medida que nos alejamos hacia el S, hasta alcanzar el máximo de 8.5 mg.L⁻¹ en el nivelador sur, 3.4 km al S del desagüe cloacal (Tabla 5).

Los elevados valores de turbiedad, olores y la baja concentración de oxígeno disuelto indican la presencia de diversos componentes orgánicos e inorgánicos extraños al sistema natural (ver acápite de Contaminación).

Est	Fecha	pH	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	Turb NTU	OD	SS10 m	SS 2 h mg.L ⁻¹	DBO	DQO
E1	29/01/01	7.4	950	110	1.15				
E2	29/01/01	7.8	1110	325	4.77				
E3	29/01/01	7.8	2000	118	0.35	<0.1	0.1	243	425
E4	29/01/01	8.3	1160	341	3.00				
E5	29/01/01	9.1	1150	58	6.50	<0.1	1.0	161	320
E6	29/01/01	9.0	1150	35	6.20				
E7	29/01/01	8.4	950	250	4.71	<0.1	<0.1	131	270
E2	02/03/01	9.7	1130	130	6.40	<0.1	<0.1	15	84
E3	02/03/01	7.8	1530	100	1.20	1.9	2.1	20	112
E4	02/03/01	9.7	1110	130	8.90				
E5	02/03/01	9.8	1800	130	5.60				
E6	02/03/01	9.9	1110	25	8.50	<0.1	<0.1	10	77
E7	02/03/01	8.6	950	165	6.50	<0.1	0.1	13	38
6	22/02/02	8.4	786	24					
7	30/11/05	8.5	3660	16					
8	25/08/06	9.2	4670	92.6					

Referencias: E1 a E7= estaciones de muestreo de SPA; 6 a 8= muestras del autor (en Figura 2); CE= conductividad; Turb= turbiedad; OD= oxígeno disuelto; SS= sólidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas; DBO y DQO= demanda biológica y química de oxígeno.

Tabla 5. Parámetros físico-químicos del agua.

Table 5. Physical-chemical parameters of water. E1 to E7= SPA sites; 6 to 8 author 's samples (those in Figure 2); CE= conductivity; Turb= turbidity; OD= dissolved oxygen; SS= settleable solids in 10 minutes and 2 hours; DBO and DQO= biological oxygen demand and chemical oxygen demand, respectively.

Características químicas

A nivel normal el agua es dulce y en estiaje algo salobre. En ambas situaciones corresponde a agua oligohalina, cuya amplitud de variación anual puede exceder en menos el límite de la categoría (0.5 mg.L⁻¹), debido a lo cual se clasifica como agua oligohalina mesopoiquihalina negativa, según el sistema de Aguesse (1957) modificado por Ringuelet (1962) y Ringuelet et al. (1967). El pH es alcalino y la alcalinidad total es determinada por carbonatos y bicarbonatos; la dureza total expresada en CaCO₃ corresponde a agua blanda a moderadamente dura.

El bicarbonato y el sodio son los iones dominantes, seguidos por el cloruro. Los restantes iones son minoritarios a nivel normal y relativamente importantes durante las bajantes (Tabla 6).

En función de la cantidad relativa de iones, según los criterios de la limnología europea (Maucha, 1932), estas aguas se pueden tipificar como bicarbonatadas sódicas hemicloruradas a cloruradas, hemicarbonatadas, hipo a hemisulfatadas, oligo a hemimagnésicas, hipo a oligocálcicas y hipopotásicas.

M	Fecha	pH	RS	Alc	CO ₃ ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
----- mg.L ⁻¹ -----												
1	30/03/66	7.7	1785	468	0	417	316	127	515	31	20	17
2	13/05/66	7.2	463	144	0	177	60	38	129	12	8	13
3	16/09/66	7.2	555	208	0	256	82	72	225	16	14	13
4	04/05/67	7.8	1152	382	0	364	241	118	342	23	35	32
5	02/03/01	9.0	460	192	86	275	-	63	-	-	-	-
6	22/02/02	8.4	621	248	42	303	65	22	129	18	17	13
7	30/11/05	8.5	3024	778	69	867	508	261	668	39	34	40
8	25/08/06	9.2	3386	843	248	765	847	37	800	51	28	42

Referencias: M=Muestras; M 1 a 4: MAA-CFI; M 5: SPA, promedio de 4 estaciones, en cota 19.26 m; M 6 a 8: Laboratorio C&D. M 6 de costa SO y cota de laguna 19.16 m; M 7 tomada a 500 m de la costa NE y en cota 18.56; M 8 del nivelador sur, en cota de 18.35 m. RS= residuo sólido; Alc= alcalinidad total.

Tabla 6. Datos comparativos de análisis químicos.

Table 6. Chemical data comparison. M= samples; M1 to 4 samples of CFI-PBA; M5 sample of SPA, average of 4 site samples, water level at 19.26 m asl; M 6 to 8 samples of C&D Lab, M6 taken at SW coast, water level at 19.16 m asl, M7 taken at 500 m from NE coast, water level at 18.56 m asl; M8 taken at south leveling dam, water level at 18.35 m asl. RS: solid residue; Alc: total alkalinity in mg CaCO₃.L⁻¹

Efluente cloacal

La ciudad de Monte cuenta con servicio cloacal desde 1982. El líquido que circula por la red cloacal está conformado por aguas servidas de origen domiciliario, aguas pluviales de la vía pública colectadas por la red pluvial, las que se introducen indebidamente al sistema cloacal, la infiltración de agua subterránea y los desagües industriales. Todos estos líquidos son conducidos a una estación de bombeo, desde donde ingresan a la planta de tratamiento y posteriormente son evacuados mediante un caño situado en la costa N de la laguna de las Perdices, 0.5 km al S de la planta depuradora (Figuras 2 y 5). Incluso, con motivo de la bajante producida en 2004, el líquido cloacal se acumulaba en la costa, hecho que motivó

que se excavara una zanja en el lecho seco para movilizar el efluente hacia el interior de la cubeta lagunar.

En sus inicios la planta fue dotada de tratamiento primario con pozo Imhoff y secundario sobre lecho percolador y sedimentador secundario y de allí los efluentes tratados pasarían a la cámara de cloración, desde donde serían evacuados al cuerpo receptor, mediante una cañería que desaguaría 200 m aguas adentro. Quizás en sus comienzos el tratamiento fuese efectivo; sin embargo, hace más de 10 años el esquema no se cumple y/o el tratamiento es poco eficaz, transformando a la laguna en una cloaca a cielo abierto.



Figura 5. Efluente cloacal que descarga a la laguna de las Perdices.

Figure 5. Sewage discharge in laguna de las Perdices.

Estamasa acuosa de olor fétido muy fuerte, consiste en un líquido ligeramente turbio (entre 5.8 y 7.5 en escala nefelométrica NTU) con sedimento de color grisáceo (3.4 en unidades de color Co-Pt) y material suspendido, cuya composición es afín al agua de la red domiciliaria, pero a la cual se añaden sustancias extrañas provenientes de desechos humanos, la descarga de conductos pluviales y los desagües industriales (Tablas 7 a 10).

De acuerdo a la normativa vigente, la presencia de todas estas sustancias supera los límites admisibles de calidad ambiental que deben tener los vertidos de residuos líquidos a un cuerpo de agua superficial en la provincia de Buenos Aires. Este hecho determina que las aguas de la laguna no sean aptas para la vida acuática y las actividades recreativas en contacto directo con la misma.

M	Fecha	Turb NTU	DQO mg.L ⁻¹	SS10 m ----- ml.L ⁻¹ -----	SS2 h -----	Det -----	SSEE mg.L ⁻¹ -----	SF -----
1	30/11/05	5.8	102	0.18	1.00	0.41	<5	0.019
2	25/08/06	7.5	115	0.20	1.10	0.44	<5	0.021

Referencias: Turb= turbiedad; SS 10 min y 2 h= sólidos sedimentables en 10 min y 2 h; Det= detergentes (SAAM); SSEE= sustancias solubles en éter etílico; SF= sustancias fenólicas.

Tabla 7. Composición físico-química del líquido cloacal.

Table 7. Physico-chemical composition of sewage liquids. Turb= turbidity; SS10 min and 2 h= settleable solids in 10 minutes and 2 hours; Det= detergents (SAAM); SSEE= Ethylic ether soluble substances; SF= phenolic substances.

M	Fecha	pH	CE μS.cm ⁻¹	Alc	CO ₃ ²⁻ -----	HCO ₃ ⁻ -----	Cl ⁻ -----	SO ₄ ²⁻ mg.L ⁻¹ -----	NO ₃ ⁻ -----	NO ₂ ⁻ -----	F ⁻ -----
1	30/11/05	7.7	2940	787	0	961	435	207	<0.5	0.014	1.01
2	25/08/06	7.9	-	-	-	-	-	-	<0.5	0.016	-

Referencias: CE= conductividad; Alc= alcalinidad total.

Tabla 8. Composición química del líquido cloacal .

Table 8. Chemical composition of sewage. References: CE= conductivity; Alc= total alkalinity.

M	Fecha	pH	NH ₄ ⁺ -----	Na ⁺ -----	K ⁺ -----	Ca ²⁺ mg.L ⁻¹ -----	Mg ²⁺ -----	As ³⁺ -----
1	30/11/05	7.7	2.6	561	32	48	55	0.05
2	25/08/06	7.9	2.9	-	-	-	-	-

Tabla 9. Composición química del líquido cloacal

Table 9. Chemical composition of sewage

M	Fecha	Cd ²⁺	Cu ⁺	Cr ²⁺	Hg ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺
		----- μg.L ⁻¹ -----					
1	30/11/05	0.5	21	9	<0.2	<6	2
2	25/08/06	1.5	20	10	<0.2	<6	5

Tabla 10. Metales pesados en el líquido cloacal.

Table 10. Heavy metals in sewage liquids.

Contaminación

La contaminación de la laguna fue puesta en evidencia por la ex Secretaría de Política Ambiental de la provincia de Buenos Aires (SPA) en el año 2001 y confirmada por los muestreos del autor. Las determinaciones de la SPA abarcaron las físico-químicas en agua (estaciones E1 a E7 en Tablas 5 y 11), bacteriológicas (Tabla 13) y en sedimentos de fondo (S1 en Tabla 14). Los del autor consistieron en análisis físico-químicos del agua (Tablas 5, 6 y 12), del efluente cloacal (Tablas 7 a 10) y de metales pesados en los sedimentos de fondo (S2 y S3 en Tabla 14). La ubicación de cada sitio de muestreo se indica en la Figura 2.

No existiendo otra fuente contaminante en el sitio, es indudable que la contaminación de la laguna es producida por la descarga de los efluentes cloacales provenientes de la planta depuradora de la ciudad (Figuras 2 y 5), los que ingresan sin el debido tratamiento, determinando índices que superan las normas vigentes (Ley 24.051 de Residuos Peligrosos; Ley 5965 de Protección a las fuentes de provisión, cursos y cuerpos receptores de agua y de la atmósfera, y su Decreto Reglamentario 2009/60, modificado por el Decreto 3970/90; Resolución de AGOSBA 389/98, modificada por la Res. 336/03 del MAA y P, referente a las Normas de calidad de los vertidos de residuos líquidos a los cuerpos receptores de la provincia de Buenos Aires, etc.).

Entre las características físico-químicas del agua se observan elevados valores de turbiedad, baja a mínima concentración de OD, altos tenores de DBO y DQO (Tabla 5). Así, los tenores mínimos de OD y máximos de DBO y DQO se encuentran en la zona de descarga del efluente cloacal; en cambio, los menores valores de DBO y DQO aparecen en el extremo S del cuerpo principal de la laguna en proximidades del nivelador sur. Respecto a los tenores de OD alejados del efluente cloacal, su valor en general es aceptable, sin llegar a la saturación y el de los sólidos sedimentables en 10 minutos y 2 horas resultan excesivos de acuerdo a las normas vigentes.

Por otra parte, la polución con sustancias peligrosas es manifiesta (Tablas 5, 11 y 12). En el caso de los elementos y sustancias mencionadas en las Tablas 11 y 12, estas se hallan muy por encima de los valores guía de calidad para aguas de uso recreativo y protección de la vida acuática, indicados en la Ley Nacional 24.051 y su Decreto Reglamentario 831/93. En relación al fósforo y nitrógeno y sus compuestos, las normas utilizan criterios dispares en función de los objetivos, incluso en algunas legislaciones no se establecen niveles guía para estas sustancias. Así, la norma de calidad de AGOSBA (Resolución 389/98, modificada por la Res. 336/03 del MAA y P) para vertido de efluentes a cuerpos receptores, limita el fósforo y nitrógeno totales a 1 mg.L⁻¹ y 10 mg.L⁻¹,

respectivamente. En proximidades del sitio de descarga cloacal, estos valores fueron mayores en los análisis de marzo de 2001 (fósforo total: 2.14 mg.L⁻¹ y nitrógeno total: 13.6 mg.L⁻¹), debido a la bajante de la laguna. En relación a la protección de la vida acuática, la Ley Nacional 24.051 admite los siguientes valores de amonio y nitritos en el agua: NH₄⁺: 1.37 mg.L⁻¹ y NO₂⁻: 0.06 mg.L⁻¹. Ambos parámetros también fueron ampliamente sobrepasados en la zona de la descarga del efluente.

Respecto a la presencia de arsénico y flúor

no se pueden sacar conclusiones, dado estos elementos se hallan naturalmente en el agua superficial y subterránea de la región, por ende también aparecen en el efluente cloacal (Tablas 8 y 9). En los muestreos del autor, el contenido de flúor en la laguna varió entre 0.07 y 1.13 mg.L⁻¹ y el de arsénico entre 0.02 y 0.08 mg.L⁻¹.

En síntesis, el conjunto de datos presentado indican la presencia de sustancias contaminantes orgánicas e inorgánicas extrañas al sistema natural, que ratifican la contaminación lagunar.

Est	Fecha	Det	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺	Hct	Cota
		-----	mg.L ⁻¹			-----	-----	μg.L ⁻¹	----	mg.L ⁻¹	m sm
E3	29/01/01	0.22	29.4	2.2	7.1	0.08	4	20	122	<0.1	19.18
E5	29/01/01	0.28	20.2	0.1	6.5	0.04	3	6	36	<0.1	19.18
E7	29/01/01	0.14	19.4	0.2	11.4	0.23	2	2	58	<0.1	19.18
E2	02/03/01	0.07	6.1	0.6	5.0	0.13	-	-	-	-	19.26
E3	02/03/01	0.39	50.7	5.8	3.6	0.08	-	-	-	-	19.26
E6	02/03/01	0.07	7.9	0.6	4.1	0.17	-	-	-	-	19.26
E7	02/03/01	0.06	6.0	0.6	8.3	0.03	-	-	-	-	19.26

Referencias: E= estaciones en Figura 2; Det: detergentes; Hct: hidrocarburos totales; Cota= cota laguna.

Tabla 11. Contaminantes químicos en agua. Fuente: SPA.

Table 11. Chemical contaminants in water. Source: SPA. Sites are those in Figure 2; Det= detergents; Hct= total hydrocarbons; Cota = shallow lake water level.

M	Fecha	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Hg ²⁺	Pb ²⁺	Cr ³⁺	Cd ²⁺	Cu ⁺	Ni ²⁺	SF	Cota
		----- mg.L ⁻¹			----- μg.L ⁻¹							m sm
6	22/02/02	0.5	1.96	0.14	<0.2	<2	-	-	-	-	-	19.16
7	30/11/05	19.9	2.10	0.03	<0.2	<2	14	0.5	19	6	109	18.56
8	25/08/06	4.8	2.10	0.02	0.3	10	25	1.3	29	4	21	18.35

Referencias: M 6 a 8 muestras del Laboratorio C&D; SF= sustancias fenólicas.

Tabla 12. Contaminantes químicos en agua.

Table 12. Chemical contaminants in water. M 6 to 8 samples from C&D Laboratory; SF= phenolic substances.

Las determinaciones bacteriológicas realizadas por la SPA en 2001 indican que los

mayores índices de contaminación con pseudomonas se encontraron en la zona próxima al nivelador norte (E7 en Figura 2), a consecuencia del estancamiento del agua, debido a la bajante que impedía el ingreso de los aportes desde la laguna del Monte y las coliformes totales y fecales en la salida cloacal (E3 en Figura

2). Cabe destacar que la Resolución MAA y P 366/03 admite un máximo de 2000 bacterias coliformes totales como NMP.100 ml⁻¹ en el vertido de efluentes líquidos al cuerpo receptor, que en marzo de 2001 era ampliamente superado (>11.000) en la estación de muestreo E3 y algo menor en la E7 (4600). Las bacterias específicas identificadas por la SPA son: *Escherichia coli*, *Streptococcus fecalis* y *Pseudomona aeruginosa* (Tabla 13).

Est	Fecha	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptococcus fecalis</i>	<i>Pseudomona aeruginosa</i>
		----- NMP.100 ml ⁻¹ -----				
3	29/01/01	>390	10	-	<10	14
5	29/01/01	39	<1	-	<1	<1
7	29/01/01	>390	<10	-	<10	>390
2	02/03/01	7	N/D	N/D	N/D	N/D
3	02/03/01	>11000	presente	presente	presente	Presente
6	02/03/01	7	N/D	N/D	N/D	N/D
7	02/03/01	4600	presente	presente	presente	Presente

Fuente: SPA. Referencia: N/D = no detectado

Tabla 13. Organismos patógenos en el agua.

Table 13. Pathogens in waters. Source: SPA. Reference: N/D= undetected.

También en los sedimentos de fondo recientes se ha constatado la existencia de contaminantes, algunos sumamente abundantes. No obstante que para sedimentos no existen niveles guía de calidad, la presencia de fósforo y nitrógeno en cantidades razonables se valora como nutriente, el exceso es contaminante, tal como en esta laguna. Por otra parte, hallar metales pesados (Cr, Hg, Pb, etc.) en el lecho lagunar, en sí, es un fehaciente indicador de su contaminación con residuos, principalmente industriales (Tabla 14).

Vegetación Acuática

Hasta 1980 la laguna se hallaba totalmente cubierto por macrófitas acuáticas emergentes, sumergidas y flotantes. Actualmente, en el cuerpo principal la vegetación es escasa, formando un ralo anillo perimetral de *Schenoplectus californicus* (n.v. junco) y ausencia total de vegetación sumergida y flotante. Esta última reingresa a la laguna por reflujos durante las crecientes del río Salado y se distribuye por los sitios anegados, donde al descender las aguas, estas hidrófitas quedan atrapadas y finalmente se secan.

M	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cd ²⁺	Cr ³⁺	Cu ⁺	Hg ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺
----- mg. Kg ⁻¹ -----											
S1	9200	8600	1200	8200	-	-	-	3.72	-	204.1	1326
S2	-	-	-	-	<0.125	18.6	22.0	0.2	11.17	10.6	-
S3	-	-	-	-	<0.125	17.6	27.0	0.1	11.77	1.9	-

Referencias: muestras de sitios de muestreo S (Figura 2); S1 de la SPA (29/01/2001); S2 y S3 del autor (30/11/ 2005)

Tabla 14. Contaminantes en sedimentos de fondo recientes.

Table 14. Contaminants in present bottom sediments. Sampling sites in Figure 2; S1 from SPA (date jan 29, 2001); S2 and S3 from author (date nov 30, 2005)

La evidencia de la existencia reciente de vegetación acuática en muchos sitios que ahora no la poseen se halla en los sedimentos superficiales de la laguna (Aluvio), donde se observan abundantes restos de tallos y raíces, sobre todo rizomas de junco. Se piensa que en la desaparición de la vegetación acuática no son ajenos los hábitos alimenticios del pez invasor *Cyprinus carpio* (n.v. carpa), especie que irrumpió en forma explosiva en la cuenca del río Salado durante la inundación de abril de 1980, con sus consecuencias ecológicas aún no evaluadas.

El sector al S del nivelador sur se encuentra aún con abundante vegetación hidrófila, cuyo integrante principal es *Schoenoplectus californicus* y en menor proporción *Zizaniopsis bonaeriensis* (espadaña). Esta comunidad cubre en forma saltuaria casi todo el espejo del sector, salvo la franja costera, donde aparece el *Solanum glaucophyllum* (duraznillo). También en algunos sectores costeros, entre la vegetación emergente, se localizan pequeñas carpetas flotantes de varias especies de *Lemnaceae* (lentejas de agua).

Clasificación limnológica

En sentido puramente limnológico, Ringuet (1962) equipara nuestras lagunas con el *pond*, el *étang* y el *Teich*, *Weiher* y *Tümpel*. Ello se debe a que la diferencia fundamental entre una laguna y un lago clásico no es su extensión, sino la profundidad. Por otra parte, por sus niveles hídricos las lagunas equivalen al *Flachsee* y al *Shallow lake*, es decir al concepto de lagos playos. La analogía rigurosa es con los *lagos polimícticos* y los *lagos de tercer orden* de la clasificación norteamericana (Hutchinson, 1957), dado que carecen de estratificación térmica y química permanente, debido a su escasa profundidad y sus lechos, en toda su extensión, son regiones litorales y por ende susceptibles a ser colonizadas por vegetación acuática.

Desde hace años, este ambiente ya se hallaba en estado de degradación avanzada, determinada por la escasa profundidad, total pérdida de espejo de agua por hidrofítia, escaso oxígeno y la colmatación con sedimentos, situación que se correspondía con la de una laguna senescente afín a una ciénaga e incluso una turbera. Sin embargo, después de

la inundación de 1980 en la cuenca del río Salado, la laguna fue rejuvenecida parcialmente por desaparición de la gran masa de vegetación acuática. Además, por el tipo de aportes hídricos se clasifica como *laguna freática* y por su régimen hídrico *laguna casi-permanente* en su cuerpo principal y *laguna semi-permanente* en su porción austral. Lagunas casi-permanentes son aquellas que mantienen un espejo de agua constante durante la mayor parte de su registro histórico; en cambio, las semi-permanentes mantienen un espejo de agua en gran parte de los años de su registro histórico, pero son más sensibles al régimen pluvial anual, debido a que se alojan en cubetas menos profundas y se secan cuando la precipitación desciende durante varios

años por debajo de la media anual (Dangavs, 2005 a).

CONCLUSIONES

En una visión simplista la laguna de las Perdices es una gran masa de agua alojada en una depresión. El origen del continente y su contenido se encuentran ligados a los acontecimientos geomorfológicos, climáticos, ecológicos y culturales de la región. Los procesos geodinámicos del Cuaternario superior, mediante acciones combinadas, eólicas, fluviales y lacustres modelaron el recipiente. El viento fue el agente principal, actuando por deflación generó ambas cubetas, el agua actuó por erosión fluvial, lavado y retroceso de pendientes y mediante el oleaje sobre la costa. Las acciones hídricas ensancharon la cubeta pero no la profundizaron, erosionando umbrales hasta unir en una sola dos cubetas independientes. Por otra parte, la vegetación emergente al invadir el espejo lagunar redujo el flujo de agua solamente a los bordes, lo que determinó

la erosión y el modelado de las orillas, mientras que en el resto del lecho se producía la decantación de los sedimentos, principalmente por carga suspensiva. Los cambios climáticos seco-húmedos determinaron la acumulación de diversos depósitos sedimentarios que se alojaron en su seno entre el Pleistoceno superior y el presente. La presencia del hombre con sus actividades está modificando rápidamente el sistema natural y puede llegar a arruinarlo definitivamente.

Desde el punto de vista ambiental, la laguna es un reservorio natural de los recursos hídricos y bióticos, supeditado a los vaivenes del ciclo hidrológico. El carácter casi permanente del cuerpo principal indica cierto equilibrio natural tendiente a la preservación del recurso. En crecientes es la colectora de los excesos pluviales de la cuenca alta, aunque su capacidad de reservorio y función reguladora de las inundaciones resulta escasa, debido a que la capacidad receptora de la cubeta está limitada por el total del relleno sedimentario. Así, del total de los depósitos colmatantes, 82.3 % corresponde a las etapas de acumulación previas, donde la intervención humana en el sistema natural fue escasa a nula (corresponde al período entre ± 30000 y 200 años AP). Para este conjunto sedimentario podemos estimar una tasa de acumulación media anual entre 0.2 y 0.3 mm.año⁻¹. Por otra parte, aunque los depósitos de barros actuales no es significativo, el volumen resulta importante en relación al total de depósitos de relleno (17.7 % en un período de ≤ 200 años), circunstancia que determina una tasa media de sedimentación de 4.25 mm.año⁻¹, la que resulta entre 14 y 21 veces más elevada que la de las etapas previas de acumulación. Este incremento en la sedimentación está relacionado, por un lado, con las actividades humanas y sus desechos y por el otro con las

características de la laguna. En este segundo aspecto, la laguna en sí es una cuenca de sedimentación natural, cuya muy escasa profundidad contribuye al arraigo de la vegetación hidrófila y consecuente alta tasa de decantación, potenciada en las zonas de circulación restringida, tal como en las estructuras hidráulicas niveladoras y en la zona con forma de bahía del sector NO de la laguna. En lo que atañe a la función de una estructura niveladora, su presencia tiene dos facetas opuestas. Por un lado actúa como trampa de sedimentación, contribuyendo en forma efectiva a la colmatación y por el otro permite mantener el espejo lagunar en niveles compatibles con el normal funcionamiento de un ambiente lagunar, por ese segundo motivo se debería acondicionar el terraplén del nivelador que separa ambos sectores de la laguna.

La laguna como sistema colector de los desagües de la alta cuenca está sujeta a los sucesos naturales y culturales que se producen en la misma. Los hechos culturales se manifiestan por las alteraciones físicas, químicas y bióticas ocasionadas por las acciones públicas y privadas sobre el ambiente, a saber: construcción de estructuras niveladoras, zanjas, terraplenes, puentes, la actividad agropecuaria, industrial, domiciliaria, recreativa, etc. y la sumatoria de sus desechos. La degradación natural es manifiesta por su estado trófico y la colmatación con barros, vegetación (actualmente muy disminuida) y anoxia. Su estado trófico es el de laguna senescente, afín al de un pantano. Sin embargo, el mayor problema relacionado con su calidad ambiental no está ligado al vaivén de los procesos hidrológicos y su estado de senescencia avanzada, sino a las actividades humanas, que en 1982 la convirtieron en el cuerpo receptor de los efluentes cloacales de la

ciudad de San Miguel de Monte, hecho que ha motivado su creciente polución, transformando al ambiente en una cloaca a cielo abierto, peligroso para la vida acuática, las actividades recreativas y en las proximidades del sitio de descarga en un pantano anóxico venenoso.

Al respecto, las determinaciones analíticas físico-químicas y bacteriológicas en aguas y químicas en sedimentos han establecido el grado de contaminación de la laguna. De ellas, la físico-química se manifiesta por la presencia de sustancias peligrosas y diversos componentes que sobrepasan holgadamente los valores establecidos en la normativa vigente (Artículo 28 de la Constitución de la Provincia de Buenos Aires; Ley PBA 5965 de Protección a las fuentes de provisión, cursos y cuerpos receptores de agua y de la atmósfera, y su Decreto Reglamentario 2009/60, modificado por el Decreto 3970/90; Ley PBA 11723 de Protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente; Ley PBA 12257 (Código de Aguas); Ley Nacional 24051 de Residuos Peligrosos y Resolución 389/98 de AGOSBA de Normas de calidad de los vertidos de residuos líquidos a los cuerpos receptores, modificada por Resolución del Directorio de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (Resolución MAA y P 336/03), etc. Por otra parte, a los efectos de la polución físico-química se añade los de la contaminación bacteriana, identificadas como de carácter patogénico y consecuentemente de riesgo para las actividades recreativas humanas en contacto directo con el agua (pesca, navegación, etc.), como agua de bebida para el ganado y la vida acuática (mamíferos, aves y peces).

La fuente de contaminación principal se debe al inadecuado funcionamiento de la planta depuradora de líquidos cloacales de San Miguel de Monte. Tampoco se

descarta la influencia de los desagües de las industriales, los que podrían estar contribuyendo a incrementar el daño ambiental del biótomo. Incluso, durante las crecientes el agua de la laguna se mezcla con la de la laguna del Monte, con las implicancias negativas que este hecho podría representar para dicha laguna de multiuso situada aguas arriba.

Para la recuperación y conservación de la laguna es imprescindible mantener volúmenes lagunares compatibles con la existencia del cuerpo de agua en niveles aceptables para su adecuado funcionamiento y revertir los procesos de colmatación y contaminación. Para contrarrestar la polución se deberá optimizar el funcionamiento de la planta depuradora de efluentes cloacales,

incluyendo además el imprescindible tratamiento terciario biológico, dado que este ambiente no es un mero cuerpo receptor, sujeto a normas más o menos laxas y carente de interés, sino que se trata de un ecosistema lagunar complejo, al que el Municipio pretende transformar en una Reserva Natural (Figura 6) y por ende sujeto a normativas mucho más estrictas en materia de conservación de biota, suelos, aguas y atmósfera, en el orden provincial, nacional e incluso internacional. También el Municipio debería velar por el estricto cumplimiento de la normativa vigente en materia de desagües industriales, especialmente los de tercera categoría, los que aparentemente ingresan a la laguna en forma clandestina o directamente



Figura 6. Entrada al área del proyecto de Reserva laguna de las Perdices.

Figure 6. Entrance to the laguna Las Perdices Reservation Project area.

desaguando en la red cloacal.

Respecto a las medidas para contrarrestar el procesos de colmatación y la eliminación de sedimentos contaminados, la única eficaz es la extracción de los sedimentos del lecho lagunar, mediante el dragado de succión con minidragas, anfidragas o dragalíneas. A esta medida se debe añadir la protección costera, donde la acción erosiva del oleaje natural sobre las barrancas o la inducida por actividad motonáutica, que además contaminar el agua con hidrocarburos, va socavando la costa, cuyos materiales se incorporan posteriormente al lecho lagunar, elevando el fondo. Este proceso se podría amortiguar con adecuados rompeolas, impidiendo que la ola arribe a la playa, o aún en forma más drástica, mediante un tablestacado en los sitios más comprometidos por la erosión, tal como la costa oriental del cuerpo principal.

Agradecimientos

El autor expresa su reconocimiento a la ex Secretaría de Política Ambiental por la información brindada, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires por la ayuda económica recibida, mediante los sucesivos subsidios entre los años 2003/06, a la Lic. María L. Mormeneo por los análisis texturales de sedimentos lagunares y al Dr. Jorge Frangi por las atinadas sugerencias que ayudaron a mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguesse P. 1957. La classification des eaux poikilohalines, sa difficulté en Camargue, nouvelle tentative de classification. *Vie et Milieu*, 8 (4): 341-365
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) & WEF (Water Environment Federation). 2005. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. APHA-AWWA-WEF, Washington DC, USA: 1368 p
- 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 Interscience, New York: 653 p
- Dangavs N. 1973. Estudios geológicos en la laguna de San Miguel del Monte, provincia de Buenos Aires. *Revista del Museo de La Plata, Sección Geología*, 8: 281-313
- Dangavs N. 1976. Descripción sistemática de los parámetros morfométricos considerados en lagunas pampásicas. *LIMNOBIOS*, 1 (2): 25-39
- Dangavs N. 1979. Presencia de dunas de arcillas fósiles en la Pampa Deprimida. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34 (1): 31-35
- Dangavs N. 2005a. Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. En: De Barrio R, Etcheverry R, Caballé M & Llambías E (ed) *Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino*, La Plata, 13: 219-236
- Dangavs N. 2005 b. La Formación La Postrera I, II, III y IV de la laguna Las Barrancas de Chascomús, Provincia de Buenos Aires. *Actas XVI Congreso Geológico Argentino*, La Plata, 4: 115-122
- Dangavs N. 2007. Geología ambiental de la laguna de las Perdices, Monte, provincia de Buenos Aires. *V Congreso de Medio Ambiente/ V Congreso de Meio Ambiente, Resúmenes*, AUGM. UNLP, La Plata: 66
- Dangavs N. 2009. Paleolimnología de las lagunas periódicas (secas) Esquivel, del Medio y El Espartillar, Chascomús, Buenos Aires. *Actas IV Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Cuaternario y II Reunión sobre el Cuaternario de América del Sur*, La Plata, CD: 290-299

- Dangavs N & Blasi A. 2003. El Miembro Lobos de la Formación Luján: Cambio de rango de la Formación Lobos, unidad estratigráfica del Pleistoceno superior de la cuenca del río Salado de la provincia de Buenos Aires. *Actas II Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología*, San Miguel de Tucumán: 67-74
- Dillon A & Rabassa J. 1985. Miembro La Chumbiada, Formación Luján (Pleistoceno, provincia de Buenos Aires): Una nueva unidad estratigráfica del valle del río Salado. *I Jornadas Geológicas Bonaerenses, Resúmenes*, Tandil: 27
- Doering A. 1884. Estudios hidrognósticos y perforaciones artesianas en la República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 6: 259-340
- EASNE (Estudio Aguas Subterráneas Noreste). 1972. *Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la provincia de Buenos Aires*, I (texto) y II (atlas e ilustraciones). Consejo Federal de Inversiones, La Plata
- Fidalgo F, De Francesco F & Colado U. 1973. Geología superficial en las hojas Castelli, M. J. Cobo y Monasterio, provincia de Buenos Aires. *Actas V Congreso Geológico Argentino*, Carlos Paz, 4: 27-39
- EPA (US Environmental Protection Agency). 1986. *Test Methods for Evaluating solid waste. Vol I A*. 3a ed. EPA/SW 846. NTIS (National Technical Information Service), Springfield, Virginia, USA
- Folk R. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's, Austin: 170 p
- García PA. 1836. *Diario de la Expedición de 1822 al sur de Buenos Aires, desde Morón hasta Sierra de la Ventana*, Colección de Angelis, Imprenta del Estado, Buenos Aires: 276 p
- Hutchinson E. 1957. *A Treatise of Limnology, I: Geography, physics & chemistry*. J. Wiley, New York: 1015 p
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1989. *Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000*. INTA, Buenos Aires: 544 p
- Iriondo M. 1999. Climatic changes in the South American plains: Record of a continental-scale oscillation. *Quaternary International*, 57/58: 93-122
- Iriondo M. & García N. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18.000 years. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 101: 209-220

- Iriondo M. & Kröhling D. 1995. El sistema eólico pampeano. *Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales*, Santa Fe, 5 (1): 1-68
- Köppen W & Geiger H. 1954. *Klima der Erde Karte*. J. Perthus, Darmstadt: 108 p.
- Maucha R. 1932. Hydrochemische Methoden in der Limnologie. *Die Binnengewässer*, Stuttgart, 12: 1-173
- Riggi J, Fidalgo F, Martínez O & Porro N. 1986. Geología de los "Sedimentos Pampeanos" en el partido de La Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41 (3-4): 316-333
- Ringuélet R. 1962. *Ecología acuática continental*. EUDEBA, Buenos Aires: 137 p
- Ringuélet R, Salibian A, Claverie E & Ilhero S. 1967. Limnología química de las lagunas pampásicas. *PHYSIS*, 27: 201- 221
- Rohwer C. 1931. Evaporation of free water surfaces. *Technical Bulletin USDA 271*, Washington: 96 p
- Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires (SPA). 2001. *Laguna de las Perdices, partido de Monte. Estudio de calidad aguas*. Dirección de Ecología y Recursos Naturales, Departamento de Conservación de Recursos, La Plata. Informe inédito: 32 p
- Servicio Meteorológico Nacional. 1960. *Atlas Climático de la República Argentina*. Buenos Aires: 166 p
- Servicio Meteorológico Nacional. 1969. *Estadísticas climatológicas 1951-1960*. Tercera edición, Buenos Aires: 156 p
- Servicio Meteorológico Nacional. 1985. *Estadísticas climatológicas 1961-1970*. Segunda edición, Buenos Aires: 42 p
- Servicio Meteorológico Nacional. 1986. *Estadísticas climatológicas 1971-1980*. Primera edición, Buenos Aires: 76 p
- Servicio Meteorológico Nacional. 1992. *Estadísticas climatológicas 1981-1990*. Primera edición, Buenos Aires: 174 p
- Servicio Meteorológico Nacional. *Evaporación en tanque tipo "A" de la estación Lobos, período 1956/77*. Buenos Aires. Inédito
- Sociedad Rural de Monte. *Datos pluviométricos del partido de Monte, período 1985/2001*. San Miguel del Monte. Inédito

- Tonni E & Fidalgo F. 1978. Consideraciones sobre los cambios climáticos durante el Pleistoceno tardío-Reciente en la provincia de Buenos Aires. Aspectos ecológicos y zoogeográficos relacionados. *Ameghiniana*, 15 (1-2): 235-253
- Turc L. 1954. *Le bilan d'eau des sols; relations entre les precipitations, l'évaporation et l'écoulement*. La Houille Blanche, París: 183 p

ANEXO 1

Parámetro	Límite de detección	Método
pH &	0.1 U de pH	SM M 4500 H ⁺ -B potenciométrico; MH
Conductividad &	0.1 $\mu\text{S.cm}^{-1}$	SM M 2510 B; MH
Residuo sólido # &	0.1 mg.L^{-1}	SM 2540-C- secado a 180°
Turbiedad &	3 NTU	SM M 2130 B ; MH- nefelométrico
Color &	3 U de color Co-Pt	SM M 2120 B modificado
Olor &	-----	SM 2150-B- organoléptico
Aspecto &	-----	SM 2110
Dureza &	1 mg de CaCO ₃ .L ⁻¹	SM M 2340 C- titulación
Alcal. total # &	1 mg de CaCO ₃ .L ⁻¹	SM M 2320 B- titulación
Calcio &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 3500 Ca- D- titulométrico
Magnesio &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 3500 Mg-E- titulométrico
Sodio &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 3500 Na- D- fotométrico de llama
Potasio &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 3500 K - D- fotométrico de llama
Carbonatos # &	1.0 mg.L^{-1}	SM 2320- Valoración Acido -Base
Bicarbonatos # &	1.0 mg.L^{-1}	SM 2320- B Valoración ácido-base
Cloruros &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 4500 Cl- B- titulométrico
Fosfatos #	0.01 mg.L^{-1}	SM 4500 P-E
Sulfatos #, &	1.0 mg.L^{-1}	SM M 4500 SO ₄ - E- turbidimétrico
Amonio #, &	0.1 mg.L^{-1}	SM M 4500 NH ₃ - C- espectrofotométrico
Nitratos #	0.01 mg.L^{-1}	SM 4500 NO ₃ -E - colorimétrico
Nitratos &	0.5 mg.L^{-1}	SM Acido fenoldisulfónico- espectrofotómetro
Nitritos #	0.1 mg.L^{-1}	SM 4500 NO ₂ - B- colorimétrico
Nitritos &	0.005 mg.L^{-1}	M de Zambelli. Rodier- espectrofotométrico
Fluoruros &	0.03 mg.L^{-1}	SM 4500 F- D- espectrofotométrico
Arsénico &	0.003 mg.L^{-1}	EPA 7062 EAA - GH
O.D. #	0.2 mg.L^{-1}	MH
DBO ₅ #	2.0 mg.L^{-1}	SM 5210 D- titulación
DQO #, &	10.0 mg.L^{-1}	SM M 5220 D espectrofotometría UV visible
SSEE &	5.0 mg.L^{-1}	OSN- N° 36 gravimétrico
Det. SAAM # &	0.01 mg.L^{-1}	SM M 5540 C espectrofotometría UV visible
Sól. sed. 10' # &	0.1 ml.L^{-1}	SM M 2540-F volumétrico
Sól. sed. 2 h # &	0.1 ml.L^{-1}	SM M 2540-F volumétrico
Sust. Fenólicas &	0.004 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 9065 - espectrofotométrico
Cadmio &	0.0006 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 3010 A M 7130 - EAA
Cobre &	0.005 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 3010 A M 7210 - EAA
Cromo &	0.002 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 3010 A M 7190 - EAA
Mercurio #	0.0001 mg.L^{-1}	EPA M 245.2-EAA
Mercurio &	0.0002 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 7470 A - EAA Vapor frío
Níquel &	0.006 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 3010 A M 7520 - EAA
Plomo #	0.02 mg.L^{-1}	EPA M 239.1-EAA
Plomo &	0.002 mg.L^{-1}	EPA SW 846 M 3010 A M 7420 - EAA
Zinc #	0.02 mg.L^{-1}	EPA M 289.1-EAA
Hidrocar.totales #	1.0 mg.L^{-1}	SM 5520 F

MH: Horiba Water Quality Checker

Anexo 1. Métodos analíticos para aguas y líquido cloacal utilizados por la SPA (#) y el laboratorio C&D (&).

Annex 1. Analytic methods for water and sewage liquids used by SPA (#) and C&D Laboratory (&).

ANEXO 2

Organismos	Coliformes totales	Coliformes fecales	<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptococcus fecalis</i>	<i>Pseudomona aeruginosa</i>
Método	SM 9221B	SM 9221E	SM 9221F	SM 9230 B	SM 9213 F

Fuente: APHA-AWWA-WEF Standard Methods (2005). Laboratorio: SPA

Anexo 2. Métodos de estudio de organismos patógenos en el agua

Annex 2. Methods for the study of bacterial pathogens in waters as cited in APHA-AWWA-WEF Standard Methods (2005). Analysis performed by SPA Laboratory