

74-183

## Relato XVI Congreso Geol. Arg.

R.E. de Banio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (edit): Geología y Recursos Minerales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. La Plata, 2005. Cap. XIII. 219-236

### LOS AMBIENTES ACUÁTICOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Nauris V. Dangavs

Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP y Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Instituto de Geomorfología y Suelos y CISAUA. igs\_cuaternario@yahoo.com.ar

Palabras clave: Geolimnología-Humedales-Ambientes lénticos-Lagunas- Provincia de Buenos Aires.

#### INTRODUCCIÓN

De la misma manera que se han integrado todos los estudios de mares y océanos en la Oceanografía, los de las aguas continentales se han agrupado en la Limnología. Este enfoque simplista resulta insuficiente para explicar los objetivos de la limnología, debido a que la misma no representa una sola disciplina, sino que es la síntesis de numerosos campos de la ciencia, abarcativos de los aspectos físico-químicos, hidrológicos, biológicos, geológicos, climáticos, edafológicos, etc. de los ambientes acuáticos, así como de los problemas que surgen de la intervención del hombre en el sistema natural.

En nuestro concepto la limnología se sitúa entre la hidrología clásica, que trata la fase terrestre del ciclo hidrológico y la ecología acuática, la que estudia los seres vivos que desarrollan sus actividades en los ambientes acuáticos continentales, así como el ambiente físico donde residen (Ringuelet, 1962). En el primer caso los objetivos son demasiado ajustados a los fines de la limnología, mientras que en el segundo demasiado amplios, dado que la ecología acuática incluye además del estudio del agua en sí, a los ambientes lénticos (lagos, lagunas, etc.), los lóticos (ríos, arroyos, etc.), mixohalinos (estuarios y albuferas), los estigótopos (las aguas subterráneas y el karst), las aguas idiotrofas (de propiedades extraordinarias, que no incluyen los salares y salinas) e idiotermas (manantiales de temperatura superior a la media de la región).

La razón de este amplio espectro está determinada por el marco de referencia de la ecología, es decir los seres vivos. Por ese motivo, la limnología también debe ser estudiada y entendida en el nivel ecosistémico, donde cada ambiente es un ecosistema integrado básicamente por dos componentes, una parte viva (la biocenosis) y el lugar donde esta biocenosis vive (el biótopo). Este conjunto constituye la residencia dinámica del complejo sistema de transformaciones de materia y energía y sus interrelaciones en un escenario de características definibles en términos de los distintos factores ambientales intervinientes.

En este marco escénico de la Naturaleza la geología entra a formar parte de la limnología con sus métodos y disciplinas, caracterizando dichos factores ambientales. Este enfoque transdisciplinario que fusiona ambas ciencias da nacimiento a la Geolimnología o Limnogeología por un lado y a la Paleolimnología por el otro. A la geolimnología le cabe investigar las características físicas de los ambientes actuales, su génesis y desarrollo y a la paleolimnología los procesos y condiciones de los extintos cuerpos de agua, mediante el registro geológico de sus depósitos, así como el estudio de los antiguos sedimentos de relleno e historia geológica de los ambientes actuales.

Así, la geolimnología y la paleolimnología se convierten en invaluable herramientas para el estudio principalmente del Cuaternario, dado que los recipientes o cubetas que alojan las aguas interiores constituyen ambientes de sedimentación (cuencos), en cuyos depósitos queda el registro o "memoria" de los cuerpos de agua, cuya cubierta constituye el límite del ecosistema acuático y en profundidad, en el decir de Bradley (1963), el sedimento pasa de "sujeto limnológico" a "sujeto geológico".

Cabe destacar que el enfoque geológico es esencialmente genético, estableciendo las relaciones entre el vaso o recipiente y su contenido en todo tipo de ambientes. Sin embargo, son de mayor interés geolimnológico los lénticos y lóticos, por ser cuencas de sedimentación los primeros y de erosión y transporte los segundos. El estudio de las restantes categorías de

aguas continentales pertenecen a otras disciplinas geológicas, incluso a otras ciencias. De este binomio dispar solamente serán considerados en este aporte los ambientes lénticos, debido su gran número, magnitud y relevancia en la provincia de Buenos Aires.

## ANTECEDENTES

La limnología como disciplina científica independiente se inicia formalmente a fines del siglo XIX con las investigaciones de los lagos suizos por Forel (1892). Al respecto, son numerosos los antecedentes inmediatos, los que llamativamente indican que el interés primigenio de la limnología pasaba más bien por el conocimiento del medio físico, que de los otros aspectos de la misma. En relación a las primeras clasificaciones de lagos tenemos la de Davis (1882) en los Estados Unidos de Norteamérica, la de Penck (1882) en Alemania y muy posteriormente la de Delebecque (1898) en Francia. Los primeros trabajos geocronológicos en base a varves glaciarios de antiguos depósitos lacustres fueron realizados por De Geer a fines del siglo XIX; en ese tiempo, Russell (1885) estudió el extinto lago pluvial cuaternario Lahonton, al que siguió la fundamental obra de Gilbert (1890) del lago Bonneville, otro lago pluvial pleistoceno del sudoeste de los Estados Unidos, cuyo remanente es el Gran Lago Salado de Utah. Los primeros estudios netamente geológicos de lagos actuales fueron coetáneos, realizados por Penck y Richter (1895) en los lagos alpinos austríacos y por Russell (1895) en los norteamericanos. Los aspectos morfométricos fueron incorporados a la limnología por Marinelli (1900), a partir del estudio de los lagos italianos, etc.

Cabe destacar que, en los albores de la limnología, el punto de inflexión de esta disciplina fue marcado por Forbes (1887), quién reveló que el contenido biológico de un lago se encuentra íntimamente ligado a dicha residencia ambiental. A partir de ese momento los biólogos empezaron a interesarse en los fenómenos abióticos y bióticos de las aguas interiores y sus interrelaciones, así como en el flujo de la circulación de la materia y la energía de dichos ambientes, dando paso paulatinamente al nacimiento de la Ecología.

## ANTECEDENTES ARGENTINOS

Las primeras menciones acerca de ambientes acuáticos argentinos fueron realizadas por los cronistas y misioneros y muy posteriormente por los naturalistas viajeros del siglo XIX. Las primeras descripciones y mediciones de cuerpos de agua de la región pampeana fueron efectuadas en 1822 por el Coronel Pedro García (1836); en tanto, las primeras observaciones geológicas de antiguos depósitos lacustres correspondieron a d'Orbigny (1842) y Darwin (1846). En la segunda mitad del siglo XIX cabe citar a Bravard (1857), Burmeister (1876-79), Zeballos (1876), Doering (1882, 1884) y Ameghino (1881, 1884). Hasta la primera mitad del siglo XX se destacan los nombres de Rovereto (1914), Stappenbeck (1926), Frenguelli (1928, 1945), Tapia (1932, 1935, 1937) y sobre todo Cordini (1938, 1939, 1942). Una mención especial cabe acerca de los estudios químicos de aguas superficiales de la Argentina, descollándose para la región bonaerense los trabajos de Corti (1925), Grau (1930, 1934) y Sussini et al. (1937). Trabajos más recientes correspondieron a Frenguelli (1950, 1956), Balmaceda et al. (1951) y sobre todo a los nombres surgidos de la numerosa literatura acerca de la sedimentación lacustre de lagos extintos, ligada en parte a la exploración petrolera; sin embargo, no es hasta la década de 1980, donde se produce la brusca irrupción de científicos que abordan la temática geolimnológica y paleolimnológica, que incluye el uso de nuevas técnicas de datación, i.e.  $^{14}\text{C}$ , termoluminiscencia y paleomagnetismo.

Más difícil es establecer cuando se inició la limnología en la Argentina. Desde el punto de vista ecológico, correspondería al biólogo de la Universidad de Córdoba Hans Secht propiciar en los comienzos del siglo XX y luego dar los primeros pasos hacia el estudio de las aguas continentales (Olivier, 1961; Drago, 1990). En el período 1928/35 los estudios limnológicos con criterio ecológico adquieren un nuevo impulso de la mano de MacDonagh (1934), pero es a fines de la década del '30 donde recién empiezan a aparecer trabajos con sentido (geo)limnológico; no obstante lo cual, los estudios geológicos de ambientes lagunares actuales de la región pampeana aún son escasos, incluso en toda la Argentina, debido al poco interés por los aspectos geológicos de las cubetas lacustres, sin duda dada la limitación impuesta a la observación por la insuperable barrera de la superficie del agua. Por eso, no es

de extrañar, que la limnología se haya desarrollado como disciplina por los esfuerzos principalmente de biólogos y químicos, tanto en nuestro país como en el extranjero.

A Rafael I. Cordini le cupo iniciar en la República Argentina los estudios de ambientes actuales con criterio (geo)limnológico; en 1938 la laguna Chascomús, en 1939 el lago Nahuel Huapí, en 1942 la laguna La Brava, etc. y posteriormente numerosas salinas del territorio nacional. De esta manera, dicho autor inició una nueva corriente que apuntaba no sólo a los aspectos biológicos, sino también a los geológicos, al dinamismo lacustre y a los económicos (reservas salinas).

Es interesante señalar que en las décadas de 1940/50 se bifurcan en la Argentina dos líneas limnológicas bien definidas. Una de orientación sanitaria, cuyos estudios apuntaban a las aguas de consumo humano. De estos trabajos cabe destacar el estudio del Embalse del río Tercero (Cordini, 1950). La otra línea fue de orientación pesquera, nucleada en los organismos estatales de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires y Nación, donde la limnología adquirió su mayor desarrollo. Los principales exponentes de esta corriente fueron Raúl Ringuelet en La Plata y Argentino Bonetto en Santa Fe. Ringuelet concretó en 1965 el Convenio de Estudio de Riqueza Ictícola (CFI-PBA) para el estudio de las principales lagunas de la provincia de Buenos Aires, que a su finalización dio nacimiento en 1968 al Instituto de Limnología de la Universidad Nacional de La Plata, actualmente Instituto de Limnología Dr. Raúl A. Ringuelet. Por otra parte, Bonetto en 1962 creó en Santa Fe el Instituto Nacional de Limnología (INALI) para el estudio del Paraná medio y posteriormente en Corrientes el Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CECOAL) para el alto Paraná.

## HUMEDALES

Un capítulo aparte corresponde al tema de "humedales", entroncado con la limnología. El término "humedales" engloba una amplia variedad de ambientes que comparten una propiedad que los diferencia del ecosistema terrestre. Dicha propiedad es la presencia de agua como elemento característico del ambiente y cuyo rol resulta fundamental en la determinación de su estructura y funciones ecológicas.

Durante siglos los humedales fueron considerados tierras marginales, anegadizas, pantanosas que debían ser drenadas o recuperadas para mejorar las condiciones sanitarias o para su incorporación a la actividad agropecuaria o urbana. Recién en los 50 se empezó a prestar atención al importante papel que desempeñan los humedales en el ciclo del agua, en la retención, transformación y transporte de sedimentos, nutrientes y contaminantes, por lo cual su papel en el ciclo de la materia y en el mantenimiento de la calidad del agua resulta fundamental. Además de proveer de numerosos recursos naturales, los humedales sustentan gran diversidad biológica y constituyen habitats críticos para muchas especies amenazadas. Una de las funciones más conocidas de los humedales es el de habitat de aves y el uso de estos por las aves migratorias.

El término "humedal" se empezó a utilizar en los Estados Unidos en la década de 1950 (wetlands) para referirse a los ambientes palustres y otras áreas anegadas o saturadas con agua superficial o subterránea y con vegetación hidrófila. Cuando el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (FWS) realizó en 1974 el inventario de los humedales, se encontró que había más de 50 esquemas clasificatorios de los cuales solamente el de Martin et al. (1953) tenía aceptación nacional. Consecuentemente dicho servicio se abocó a identificar los elementos necesarios para un nuevo sistema de clasificación basado en el concepto de ecosistema. En base a este objetivo, el FWS desarrolló un nuevo sistema de clasificación de humedales controlado en el campo y revisado por los sectores públicos y privados antes de ser publicado, denominado "Clasificación de los humedales y habitats de aguas profundas de los Estados Unidos" (Cowardin et al., 1979). Desde su publicación, el sistema se ha convertido en el estándar internacional para la identificación y clasificación de humedales (Gopal et al., 1982). Esta clasificación establece jerarquías en base a sistemas, subsistemas, clases y subclases. Los sistemas son cinco: marino, estuarial, fluvial, lacustre y palustre, donde cada sistema representa un complejo de humedales y habitats de aguas profundas que comparten factores hidrológicos, geomorfológicos, químicos y biológicos. Cada sistema, salvo el palustre, se divide en subsistemas. Los sistemas marino y estuarial admiten el subsistema submareal y el intermareal. El fluvial posee cuatro subsistemas que representan distintos tipos de

escurrimiento: mareal, perenne inferior y superior e intermitente y el sistema lacustre está definido por dos subsistemas en base a la profundidad: limnético y litoral. Las clases se establecen en base a la vegetación dominante o la composición del sustrato y las subclases en vegetadas o no vegetadas. Este sistema admite incluso por debajo de la categoría de subclase la de tipos ecológicos dominantes y en las clases y subclases los modificadores hidrológicos, químicos, edáficos y antropogénicos.

Desde el punto de vista geolimnológico, este sistema clasificatorio estadounidense que engloba en términos botánicos, zoológicos, ecológicos, limnológicos, geomorfológicos o hidrológicos todos los ambientes acuáticos continentales y la zona costera marítima se ha convertido en el más sólido marco de referencia hasta ahora elaborado para la comprensión de estos biótopos.

Es importante destacar que el marco regulatorio para la protección, conservación, recuperación y uso racional de los humedales fue establecido mediante un tratado intergubernamental (Convención Ramsar, Irán, 1971). Dicho protocolo entró en vigor en 1975 y en la actualidad más de 120 países son signatarios del mismo. En 1991, la República Argentina se adhirió al tratado mediante la Ley 23.919 y en el 2000 incorporó el texto completo del mismo con la Ley 25.335. La Convención define los humedales como: "Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Esta definición es sencilla, inclusiva, enumerativa y descriptiva, cuyas categorías son equivalentes a las establecidas por Cowardin et al. (1979) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (U.S.G.S., 1998).

En la Argentina, la limnología tratada desde el punto de vista de los humedales aún es incipiente, siendo destacable el trabajo clasificatorio de Canevari et al. (1999). Por ahora, la limnología no es sinónimo de "Humedalogía".

## AMBIENTES LÉNTICOS

Son cuerpos de agua sin comunicación directa con el mar, alojados en un recipiente, sin gradiente físico-químico y biológico horizontal, a veces sólo vertical; con nutrientes de origen primordialmente autógenos; con un circuito metabólico que se completa en sí mismo y sucesión temporal, que evoluciona en una dirección determinada hasta su extinción. En esta categoría se incluyen los lagos, lagunas, pantanos, bañados, moor, bog, esteros, charcas, salinas, estanques, embalses, etc.

El *lago* es una masa de agua permanente, homohalina y profunda, que posee un lecho con zona litoral o plataforma, generalmente con un anillo de vegetación hidrófila, talud y zona profunda o béntica, con un perfil térmico definido, sedimentos característicos, un dinamismo trófico directamente relacionado con la sedimentación y un complejo biológico periférico muy distinto del bentónico. Los lagos típicos poseen cubetas con perfil en U, estratificación térmica y una sucesión determinada por su dinamismo trófico que abarca las siguientes etapas: oligotrofia (juvenil), eutrofia (seudoclimax) y distrofia (senescente). La sucesión de un lago podría tomar el siguiente camino: lago-laguna-pantano-suelo hidromórfico.

La *laguna* es un cuerpo de agua permanente o transitorio de escasa profundidad, alojado en un cubeta de contorno bien definido, sin ciclo térmico ni estratificación persistente y circulación continua, con sedimentos propios distintos a los del terreno circundante, sin diferenciación entre región litoral y profunda y no tienen a un lago como antecedente, sino que en función del clima su dinamismo y los propios mecanismos tróficos la degradan hasta su desaparición. En clima húmedo, la acumulación excesiva conduce al pantano y en los más secos por salinización a la salina. El *estero* es una laguna de escasa profundidad de regiones tropicales y subtropicales con abundante vegetación emergente, sumergida y flotante, con estratificación térmica de la capa superficial más caliente, escaso oxígeno, abundante sedimento en descomposición y escasa población limnética. Los ambientes de salinidad creciente (salina, salitral y salar) se incluyen en la categoría "laguna".

El *pantano* es un cuerpo de agua dístrófico, que representa la fase final evolutiva de un lago o laguna senescente, con lecho colmado por detritos autóctonos e hidrofítia invasora, y sin

vida limnética. Este ambiente léntico equivale al *swamp* (en inglés). *Bog* y *Moor* son los pantanos turbosos de altas latitudes (Ringuelet, 1962).

El *bañado* es un cuerpo de agua semi-permanente a temporario de drenaje centrípeto, sin cubeta ni contorno bien definido, sin sedimentos propios, con vegetación palustre y sin desarrollo de población limnética. El bañado equivale al *higrótopo* (Ringuelet, 1962) y al *marsh* de la lengua inglesa. Es posible diferenciar bañados de desborde y pluviales, según que el anegamiento provenga de un curso fluvial o por agua de lluvia respectivamente. En los bañados pluviales su mecanismo de formación está relacionado con el de las microcubetas y corresponden a un mosaico de microcubetas coalescentes, sin exhondación posterior.

Ringuelet (1962) denominó *microlimnótopos lénticos* o *charcas* a los cuerpos de agua semi-permanentes a temporarios de reducidas dimensiones y escaso volumen. Cabe señalar la dificultad de diferenciar una charca de una laguna pequeña, pero esta incertidumbre es inevitable. Además de las charcas naturales existen las alojadas en depresiones artificiales tales como canteras y cunetas de caminos.

Entre los cuerpos de agua artificial se destacan los *estanques* y *embalses*. El estanque es de tamaño y profundidad relativamente reducida, susceptible a ser colonizado enteramente por hidrófitas arraigas, por ello es comparable con una laguna. En cambio, el embalse es un depósito de agua de grandes dimensiones que represa generalmente un curso fluvial. La mayor profundidad del embalse permite diferenciar la región litoral de la béntica y generar un ciclo térmico definido, lo que permite en cierta forma equipararlo con un lago.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS AMBIENTES LAGUNARES

### INTRODUCCIÓN

Aunque en la provincia de Buenos Aires existen la mayoría de las categorías de aguas lénticas, salvo las del dominio tropical y las de las altas latitudes, su territorio está sembrado principalmente por espejos de agua permanentes o temporarios someros y de variada extensión que denominamos "lagunas", las que constituyen las formas de paisaje más conspicuas de las planicies bonaerenses. El número de lagunas es de muchos miles y su conjunto abarca cuerpos de agua de extensiones muy dispares, así como estadios evolutivos también muy distintos, cuya distribución, morfología y tipología se relaciona con el clima, el relieve y la geología.

La importancia de estos biótopos es múltiple. Como receptáculos de los recursos naturales bióticos generan la actividad de pesca comercial, deportiva, caza de aves y mamíferos pilíferos y cosecha de vegetación (junco). Como depósitos sedimentarios contienen recursos extractivos mineros y como recurso paisajístico constituyen fuentes turísticas y recreativas. Por otro lado, es insoslayable la importancia de las funciones hidrológicas de las lagunas. Como embalses naturales son reguladoras de excesos y deficiencias hídricas, sobre todo en relación a inundaciones y sequías, además son mitigadoras de caudales, mantienen el caudal básico superficial, recarga y descarga del agua subterránea, etc.

### DISTRIBUCION

Dentro del ámbito provincial podemos distinguir cuatro zonas o unidades morfológicas principales, en base a las características físicas del relieve y el control estructural, i.e.: llanura pampeana, sierras, meseta patagónica y el delta del Paraná. Salvo la zona serrana, en el resto de la provincia abundan las cubetas y microcubetas que contienen cuerpos de agua en sus diversas categorías límnicas.

Frenguelli (1956) fue el primer autor que destacó la abundancia y desproporción entre las aguas lénticas de la provincia de Buenos Aires, que contrastan con la reducida red fluvial, prescindiendo naturalmente de los ríos alóctonos de la misma (Paraná, Colorado y Negro) Dicha desproporción la asignó al escaso poder morfogenético del relieve llano, así como a la brevedad geológica del clima húmedo actual. Asimismo, dicho autor también reconocía que la distribución de los ambientes acuáticos no responde estrictamente al esquema hidrográfico provincial, sino que estos más bien se distribuyen en cuatro grupos en base a criterios

morfológicos, genéticos, climáticos y estructurales (grupo marginal, occidental, diagonal y septentrional).

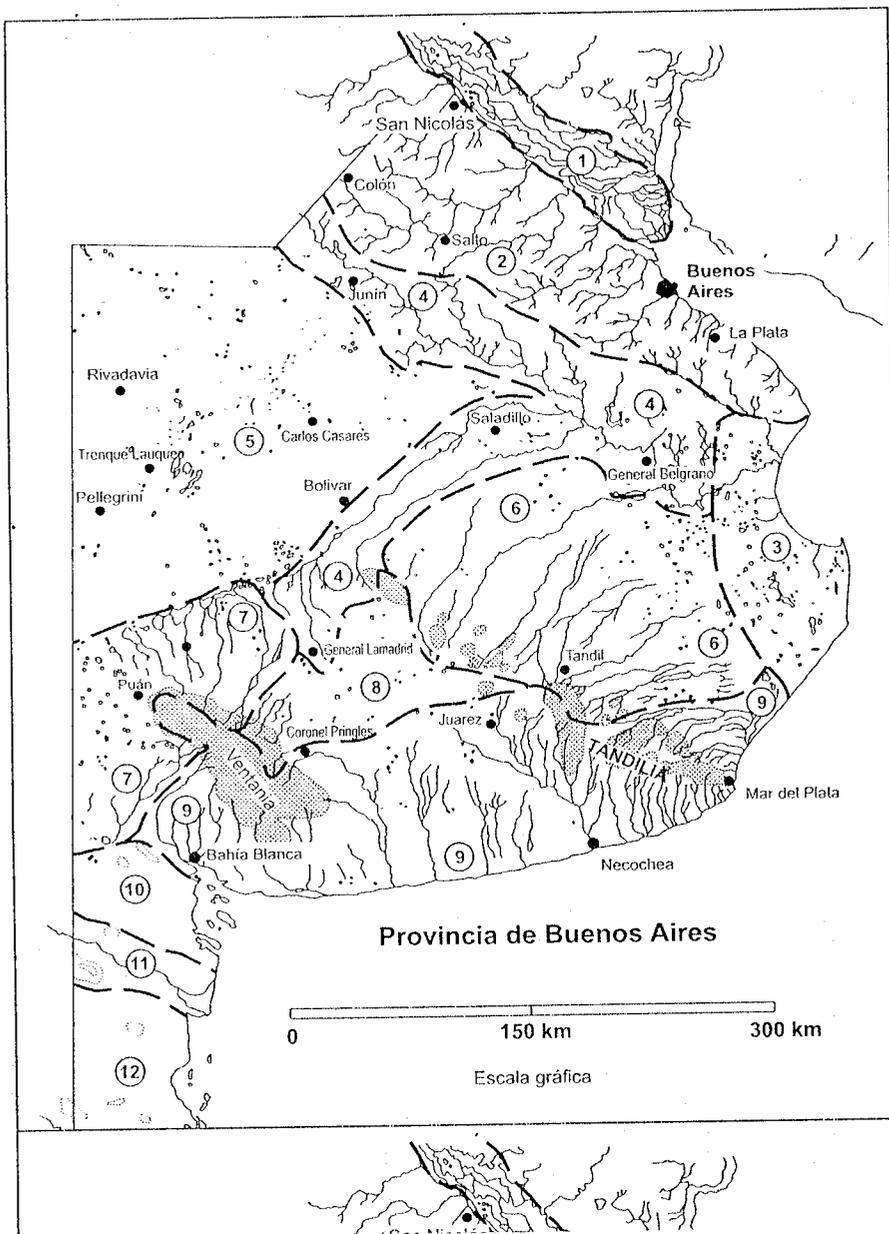


Figura 1. Cuencas lénticas de la provincia de Buenos Aires. Referencias en el texto

A los cuatro grupos anteriores les hemos añadido ocho más (Fig.1), en base a criterios hidrográficos, morfológicos, climáticos, geológicos y estructurales, quedando establecidas las siguientes regiones representativas de los ambientes lénticos de la Provincia:

- 1.- Delta del Paraná: cubetas situadas en el complejo insular y los bajos ribereños, principalmente pajonales.
- 2.- Pampa Ondulada: abundantes microcubetas, escasas cubetas, salvo en las planicies fluviales y paleoestuarios.
- 3.- Zona Marginal: situada entre el río Samborombón y la laguna Mar Chiquita; posee la mayor densidad de cubetas de toda la provincia, situadas a barlovento de paleodunas, tanto en la franja interna de la zona, como en la planicie costera afectada por la ingresión holocena.
- 4.- Cuenca del Río Salado: con profusas cubetas a lo largo de los ejes fluviales y otras tantas endorreicas y arreicas.

- 5.- Pampa Arenosa: carece de desagüe, con abundantes cubetas en depresiones intermedanas de rumbo N-NE y relictuales de antiguas vías de desagüe.
- 6.- Zona de Derrames: representa el flanco norte de Tandilia, con cursos abortivos y numerosas cubetas endorreicas y arreicas.
- 7.- Cuencas Endorreicas: corresponde a sistema lagunar de las Encadenadas del Oeste y la cuenca de la laguna Chasicó; contiene además grandes ambientes arreicos, principalmente salinas.
- 8.- Depresión de Laprida: con numerosos ambientes arreicos y/o endorreicos.
- 9.- Cuencas de Vertiente Atlántica Directa: conforma la región costera desde Mar Chiquita hasta Bahía Blanca; posee abundantes ambientes exorreicos, pero también endorreicos y/o arreicos.
- 10.- Zona Arreica de la Pampa Seca: con numerosas cubetas, principalmente salinas.
- 11.- Cuenca del Río Colorado: numerosas lagunas exorreicas, también endorreicas y arreicas, tanto a lo largo del curso actual como en los cauces abandonados.
- 12.- Meseta Patagónica: gran cantidad de ambientes arreicos de gran tamaño, principalmente salinas.

### CARACTERÍSTICAS

Las lagunas bonaerenses son cuerpos de agua de cuenca de escasa profundidad media, alojadas en cubetas, en su gran mayoría profundas y de formas geométricas bien definidas y perfil en bañera (*Wanne*), batea (*Mulde*) y palangana o sartén (*Pfanne*), lo que depende tanto de su origen como de su estado de colmatación. En este sentido, se ha constatado hasta ahora sin excepción alguna que, las cubetas geológicamente más antiguas que alojan lagunas, por ser mucho más profundas, se encuentran en mejor estado limnológico que las contenidas en cubetas más recientes. Estas últimas presentan un avanzado estado de colmatación, tanto por sedimentos como por hidrofítia o se han extinguido. Esto se debe a que las acciones que excavaron cubetas, principalmente eólicas, fueron más intensas en el Pleistoceno superior que en el Holoceno.

La gran diferencia entre lago y laguna se debe a que esta última carece de un perfil batimétrico con plataforma, talud y parte profunda o bentos como un lago clásico, debido a lo cual toda su extensión es región litoral, susceptible a ser colonizada por hidrófitas. En sentido puramente limnológico (Ringuelet, 1962), nuestras lagunas son equiparables con el *pond* (inglés), el *étang* (francés) y el *Teich* y *Weiher* (alemán) e hidrológicamente al *Flachsee* (alemán) y al *Shallow lake* (inglés), es decir al concepto de *lagos playos*. La equivalencia exacta entre lago y laguna se establece desde el punto de vista térmico con los lagos polimícticos o los lagos de tercer orden de la clasificación norteamericana (Hutchinson, 1957), dado que las lagunas carecen de estratificación térmica permanente y la circulación es continua, debido a su escasa profundidad. Este mecanismo se produce por el intenso calentamiento superficial del día, donde toda la masa de agua se halla próxima a la temperatura del aire y la pérdida de calor con mezcla completa por la noche.

### TAMAÑO

El tamaño de los ambientes lagunares bonaerenses es de rango muy amplio, oscilando sus dimensiones entre 0,01 ha y 15.000 ha (0,0001 a 150 km<sup>2</sup>). Las más comunes son las pequeñas lagunas con superficies entre 0,05 y 10 ha, cuyo número aproximado es de 146.000. Las más trascendentes y conocidas son las lagunas mayores a 10 ha, cuyo número alcanza a 10.500. La lista se completa con unas 200.000 microcubetas >0,01<0,05 ha, ocupadas por microlimnótopos lénticos y un número indeterminable de charcas < 0,01 ha (100 m<sup>2</sup>). De estas últimas, tan sólo en la cuenca del arroyo Las Garzas-Cañada de Navarro (1.720 km<sup>2</sup>) de Lobos, Navarro, Mercedes y Suipacha se han contabilizado aproximadamente 140.000.

El número de lagunas que se presenta proviene del "Catálogo de Ambientes Acuáticos de la Provincia de Buenos Aires" (en realización por el autor); los datos restantes se han obtenido en base al estudio de fotografías aéreas y fotomosaicos del INTA, imágenes satelitales y cartografía del Instituto Geográfico Militar y de la Dirección de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires. La valoración realizada es en base al análisis estadístico

ponderado de diversas regiones de la provincia. Para la cuenca del río Salado se consideraron las cuencas de la Cañada de Navarro-arroyo Las Garzas, las Encadenadas de Monte y las Encadenadas de Chascomús. En la pampa ondulada la cuenca del río Luján. En el Delta del Paraná: el partido de San Pedro. En la región interserrana la cuenca del río Quequén Grande. En la pampa arenosa el partido de Trenque Lauquén. Para las cuencas endorreicas la del arroyo Chasicó y para la región patagónica el partido de Patagones.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

Las aguas lagunares son límpidas y de coloración amarillento pálido en probeta (color 49 a 54 en unidades de color Co-Pt). En la naturaleza, por su contenido planctónico, son verdosas y en los días ventosos, por remoción del fondo, se vuelve turbia y de coloración grisácea algo verdosa. En algunos ambientes, debido a la materia orgánica puede ser negra o rojiza. La transparencia es relativamente escasa ( $< 50$  cm), siendo mayor en las áreas protegidas entre vegetación acuática, que en las zonas de aguas abiertas, estando además influenciada por la época del año y las condiciones meteorológicas. En verano la transparencia es menor que en el invierno (valores NTU de turbiedad entre 52 y 56).

La temperatura de agua es casi homogénea y muy parecida a la del aire, aunque en las lagunas más profundas se observa mayor amplitud térmica respecto a la temperatura del aire. El mes más estable es septiembre y el más inestable julio, con amplios desvíos respecto de la media mensual. La amplitud media de variación entre el mes más frío y el más cálido puede alcanzar los  $20^{\circ}\text{C}$  y la amplitud térmica absoluta unos  $30^{\circ}\text{C}$ . La estratificación térmica permanente no existe y cuando esta aparece resulta más bien fugaz, mínima en invierno y en aguas abiertas y máxima en verano y en sectores con carpeta de vegetación flotante. En áreas de juncuales, la estratificación presenta valores intermedios.

Las aguas de las lagunas son normalmente subsaturadas en oxígeno, aunque por aireación se puede producir la saturación e incluso la sobresaturación. Generalmente existe cierta estratificación de oxígeno entre superficie y el fondo. En algunos ambientes pantanosos anóxicos la vida bulle en el primer centímetro de la masa de agua, mientras que en el resto está ausente. Un fenómeno frecuente es la presencia entre noviembre y abril de aguas con contenidos normales a sobresaturadas en oxígeno; esta anomalía, donde no obstante el aumento de la temperatura también aumenta la cantidad de oxígeno disuelto se debe a la incidencia de factores meteorológicos, sobre todo del viento, que hace sentir sus efectos más marcados en los meses de primavera a otoño. En la laguna Salada Grande se constató que en el verano, después de dos días de viento norte y fuerte oleaje la saturación llegaba a 130%.

El cuadro hidroquímico abarca desde aguas dulces a saladas amargas y salmueras, siendo predominantes los ambientes de aguas oligohalinas ( $0,5-5,0 \text{ g l}^{-1}$ ) y de ellos los de condición algo salobre, pero también los hay hipohalinos ( $<0,5 \text{ g l}^{-1}$ ) y mesohalinos ( $5-16 \text{ g l}^{-1}$ ), tanto en las regiones más húmedas como en las más secas de la pampa bonaerense. Las lagunas hiperhalinas ( $>40 \text{ g l}^{-1}$ ) han tenido cierta declinación en los últimos años por causas climáticas, pero ahora están en franca recuperación. Esta provincia posee magníficos ejemplos al respecto (lago Epecuén).

El catión dominante es el sodio; el potasio intrascendente y el magnesio domina sobre el calcio y su presencia no es significativa. Respecto a los aniones la situación es variada, de ahí que la composición iónica en la mayoría de las lagunas oscila entre bicarbonatadas sódicas y cloruradas sódicas, hemi a hiposulfatadas magnésicas. Las que alojan en su lecho sedimentos marinos o se encuentran en áreas de influencia marina, poseen relaciones  $r\text{Mg}/\text{Ca}$  y  $r\text{Cl}/(\text{CO}_3+\text{HCO}_3)$  muy elevadas.

El pH en general es neutro a levemente alcalino, excepcionalmente alcanza valores mayores a 9. De ahí que la alcalinidad es principalmente debida a los bicarbonatos. Las lagunas con pH ácido son más raras y corresponden a ambientes degradados a pantanos.

La materia orgánica soluble en medio ácido en general es escasa ( $<60$  ppm), mientras que la particulada suspendida es abundante. Los nitratos y los nitritos no aparecen en los análisis hasta los '60, mientras que actualmente es frecuente en ambientes próximos a poblaciones y/o por descarga de líquidos cloacales. La presencia de fósforo ha sido constante como vestigios en los muestreos antiguos, incrementándose desde los '70, debido a la contaminación con detergentes.

## PROCESOS HIDROLÓGICOS

La formación, persistencia y funciones de las lagunas es controlada por los procesos hidrológicos. Estos son los mismos que se producen fuera de estos ambientes, que colectivamente son referidos al ciclo hidrológico. En el caso de cuerpos de agua, los términos de un balance hidrológico se expresan de la siguiente manera:

$$P + Esi + Asi = Evt + Ese + Ase + \Delta S$$

donde: P: precipitación ; Esi: Caudal superficial ingresante ; Asi: Caudal subterráneo ingresante; Evt: Evapotranspiración; Ese: Caudal superficial egresante; Ase: Caudal subterráneo egresante;  $\Delta S$ : Variación de volumen acumulado.

Si bien los balances hídricos en lagunas son necesarios para el análisis hidrológico de cada cuenca, no es simple determinar los diversos componentes del mismo, dado que el mayor problema reside en la exactitud con que pueden establecer los ingresos y egresos de agua del sistema. Por ejemplo, el escurrimiento superficial no encauzado es raramente considerado, la interacción entre agua superficial y subterránea no es bien conocida y las estimas de caudales subterráneos efluentes e influentes se suelen tomar por diferencia en la fórmula del balance. Asimismo, la transpiración de ambientes densamente vegetados rara vez es conocida, más bien lo que se evalúa es la evapotranspiración del sistema mediante fórmulas.

Los aportes hídricos que recibe una laguna provienen de las lluvias directas sobre el espejo, el escurrimiento superficial y sobre todo del agua libre subterránea. Incluso, la mayoría de los espejos lagunares son superficies freáticas al descubierto, pero tampoco faltan los cuerpos de agua colgantes. Estas características señalan la gran dependencia e interrelación de estas masas de agua con los fenómenos hidrometeorológicos, debido a lo cual, estos biótopos poseen gran inestabilidad, con las consiguientes amplias variaciones de los volúmenes retenidos. Sin embargo, el régimen (semi)permanente de la mayoría de las mismas, señala cierto equilibrio natural del balance, que tiende a preservar el recurso.

## TIPOLOGÍA

Desde el punto de vista biológico, la tipología lagunar se establece mediante sucesión trófica (oligotrófica, mesotrófica, eutrófica, etc.). Sin embargo, en el caso de las lagunas bonaerenses su estructura es tal que disponen de abundante materia orgánica y elevadas concentraciones de nutrientes que determinan la eutrofia desde su origen. Esta organización ecológica global, está íntimamente relacionada con las condiciones físico-químicas, hidrológicas, climáticas y bióticas de la región. Existen amplias divergencias entre ellas, ligadas a cambios locales en el clima, geomorfología y sustrato, hechos estos visibles en la hidroquímica y su metabolismo general. Unas se encuentran en zonas húmedas y se caracterizan por pujantes poblaciones de macrófitos y peligro más o menos cercano de la acumulación excesiva, que las transforma en pantanos. Las otras, en regiones subhúmedas, carecen de macrófitos y la acumulación de fangos no es tan efectiva, pero son las que presentan problemas de desagüe y por ende el predominio de la evaporación sobre los otros elementos del balance, lo que determina su evolución a salinas.

Por otra parte, desde el punto de vista geomorfológico la tipología se basa en la periodicidad del régimen hídrico de cada cuerpo de agua, la que a su vez depende del régimen pluvial, la interrelación con el agua subterránea y las características morfológicas del cuenco, principalmente de la extensión y profundidad. Este último aspecto resulta fundamental, dado que la profundidad, además de los restantes factores, incide directamente en el régimen hídrico. Así, una laguna alojada en un recipiente muy profundo tendrá siempre balance positivo y tenderá a ser permanente y viceversa.

Para la clasificación hidrológica de los ambientes lagunares se ha adoptado el siguiente esquema:

*Lagunas Permanentes:* Se alojan en cubetas profundas, alimentadas por cursos de agua y el agua libre subterránea. Sus relaciones con el agua subterránea puede ser de carácter efluente-influente. Este tipo de lagunas mantienen un espejo de agua constante en todos los años de su

registro histórico: Chasicó, Epecuén, Guaminí, Cochicó, Alsina, laguna central de Los Chilenos, La Brava, La Tigra, Embalse Paso de las Piedras, etc.

*Lagunas casi permanentes:* Se alojan en cubetas de menor profundidad que las permanentes y/o con abundante relleno sedimentario. Son alimentadas por cursos de agua y el agua libre subterránea. Estos ambientes mantienen un espejo de agua constante durante la mayor parte de su registro histórico y excepcionalmente pueden secarse durante sequías muy prolongadas, debido al pronunciado descenso del nivel freático. Ejemplos: Lagunas del sistema de las Encadenadas de Chascomús (la laguna Chascomús se secó en 1910); las Encadenadas de Monte, La Salada de Monasterio, Las Flores Grande y Chica (Monte-Roque Pérez-G. Belgrano), San Lorenzo (Castelli), Salada Grande (Gral. Lavalle), etc.

*Lagunas Semipermanentes:* Se alojan en cubetas poco profundas y/o con abundante relleno sedimentario. Son alimentadas por pequeños cursos de agua y/o el agua libre subterránea. Sus relaciones con el agua subterránea son principalmente de carácter efluente (recibe agua de la zona de saturación). Estos ambientes son más sensibles al régimen pluvial anual y mantienen un espejo de agua en gran parte de los años de su registro histórico. Se secan durante sequías prolongadas. En el caso de lagunas con escasos o nulos aportes superficiales, esta situación se produce cuando la precipitación desciende durante varios años por debajo de la media anual histórica. Ejemplos: la mayoría de las lagunas bonaerenses no encuadradas en las categorías anteriores.

*Lagunas Temporarias:* Son aguas de cuenca, alojadas en cubetas poco profundas. Son alimentadas por los excesos pluviales, el escurrimiento no encauzado, agua hipodérmica y en algunos casos por el agua libre subterránea, cuando el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie topográfica. Estos ambientes retienen agua durante un lapso mayor que el que permanecen secos. Ejemplos: numerosos ambientes innominados y la mayoría de las pequeñas lagunas.

*Lagunas Efímeras:* Ocupan zonas deprimidas y/o depresiones, pero carecen de cubeta. Estos ambientes son alimentados por los excesos pluviales, el escurrimiento no encauzado y el agua hipodérmica; retienen agua durante un lapso menor que el que permanecen en seco y pueden secarse más de una vez al año. En general el nivel freático no tiene interrelación con el nivel lagunar, salvo en el nivel capilar.

*Lagunas Periódicas:* Corresponden a ambientes naturales o artificiales. Los naturales, desde el punto de vista limnológico, poseen características hidrológicas de lagunas semi-permanentes de ciclo aleatorio. Genéticamente corresponden a cubetas de deflación recortadas por un cauce fluvial, que durante las crecidas, que pueden persistir por años, se convierten en inmensos receptáculos afines a una laguna de desborde. En estiaje, por carecer de umbral de cierre, pueden desagotar toda el agua de la misma. Ejemplos: lagunas del Siasgo (Monte-General Paz), Esquivel, del Medio y El Espartillar (Chascomús), de los Cerrillos (Monte-General Belgrano), etc. En ambientes artificiales, por desagüe, suelen estar secos en un intervalo determinado del año. Ejemplo: Represa Ingeniero Roggero.

*Lagunas pluviales:* Constituye una categoría especial de ambientes formados durante los intervalos hietales y las inundaciones. Este grupo está integrado por más de 3.000 cubetas mayores a 10 ha, que actualmente funcionan como lagunas, mientras que durante los períodos de menor pluviosidad se hallan secas. Durante estos períodos, las lagunas son alimentadas por los excesos pluviales directos, el escurrimiento superficial y el agua libre subterránea. Se mantienen en niveles aceptables debido al ascenso del nivel freático. Ejemplos: gran cantidad de lagunas de la Pampa Arenosa y de ellas La Salada de Pehuajó, que se llenó de agua en 1974 y persiste hasta ahora.

## SEDIMENTOS ACTUALES

La depositación de materiales en los lechos lagunares de sistema abierto (exorreico y endorreico) proviene de los aportes extra e intracuencales (respecto del cuenco o cubeta), mientras que en los de sistema cerrado (arreico) son casi exclusivamente intracuencales. Los materiales extracuencales ingresan por escurrimiento superficial y de los polvos atmosféricos. Los mismos son de origen silicoclástico, biótico y antrópico, cuya abundancia dependerá del régimen pluvial, la dinámica erosiva, sobre todo en las cabeceras de los cursos, de la posición del ambiente respecto de las poblaciones y de las diversas actividades del hombre. Las

texturas son esencialmente pelíticas (limos arenosos a fangos), no faltando empero materiales más gruesos (arenas limosas).

Por otra parte, en el proceso de acumulación intracuencal predomina la acumulación de detritos orgánicos, que se depositan como fangos organógenos, elevando el fondo y facilitando el arraigue de las comunidades vegetales acuáticas. Pero también intervienen en la sedimentación intracuencal los depósitos de gravas y arenas, cuya presencia está directamente relacionada con la exposición en las barrancas de sedimentitas entoscadas, las que por la acción erosiva de las olas sobre las márgenes proveen este material grueso esencialmente carbonático. El proceso de sedimentación intracuencal es de avance relativamente más acelerado que el extracuencal, lo que ha determinado la paulatina colmatación de las cubetas, llevando a muchos de estos cuerpos de agua a un estado de saprotrofia, donde la laguna pasa rápidamente a ser un pantano o directamente desaparece.

Si bien la generalidad de las lagunas representan ambientes de sedimentación de menor escala que los grandes lagos, se observa en las mismas una diferenciación textural muy semejante a la que se encuentra en muchos lagos (Sly, 1978). Así, en las lagunas se reconocen hasta nueve tipos principales de depósitos clásticos que van desde texturas psefíticas a pelíticas, i.e. gravas finas, gravas arenosas, arenas, arenas limosas, limos arenosos, limos, fangos arenosos, fangos y arcillas (*sensu* Folk, 1968), todos los cuales, en función de su posición en los cuerpos de agua y la profundidad pueden ser asimilados a dos subambientes de depositación o subfacies, uno marginal de movilización predominantemente tractiva a suspensiva turbulenta y otro central de movilización suspensiva (Blasi y Dangavs, 1992; Dangavs et al., 1996, etc.).

La subfacies marginal reúne a los depósitos de playa, las barras de desembocadura y los depósitos costeros, de movilización tractiva a suspensiva turbulenta, transportados por un flujo turbulento de fondo no encauzado. Los depósitos de playa consisten en gravas finas, gravas arenosas, arenas y arenas limosas intracuencales; las barras de desembocadura son de naturaleza extracuencal y de texturas areno-limosas a limo-arenosas y excepcionalmente gravas finas de conchillas de gasterópodos y los depósitos costeros son limo-arenosos principalmente intracuencales, originados por el efecto erosivo del oleaje sobre las paredes y piso de la cubeta y redistribuidos hacia los sectores más tranquilos. Dentro de la subfacies es posible también encontrar depósitos alternantes gruesos y finos en las áreas cubiertas por vegetación emergente, como consecuencia de su efecto de "peine" y trampa del material suspensivo.

La subfacies central reúne los depósitos pelíticos tanto extra como intracuencales con variadas texturas, cuya granulometría decrece hacia el interior de las cubetas. La misma se deposita a partir de suspensiones uniformes que van variando gradualmente su contenido de partículas a medida que disminuye el poder de flujo. Así se produce la acumulación selectiva de los siguientes tipos texturales más frecuentes: limos arenosos, limos, fangos arenosos y fangos. Los depósitos de arcillas hasta ahora son muy raros en los depósitos actuales, habiéndose reconocido solamente en la laguna San Vicente, las lagunas Encadenadas de Guaminí-A. Alsina y en algunos ambientes de decantación de la planicie costera de General Lavalle y del área de influencia de la ingresión holocena en Chascomús, Castelli, Dolores y General Guido.

Los depósitos de la subfacies central poseen abundante materia orgánica, colores oscuros, lentes de ceniza volcánica y alcanzan su máxima expresión hacia el centro de cada cuerpo y se acuña hacia la costa, salvo en los sitios donde vuelven a espesarse, en respuesta a cambios en las condiciones de circulación, así como por el efecto de peine de las barreras de juncuales. En muchos ambientes esta subfacies suele estar conformada por dos secciones. La superior, constituida por agua y un sedimento suspensoide tixotrópico, gelatinoso, semi-flotante, de 0,20 a 0,30 m de espesor, con menos del 1% de arena, hasta 40% de materia orgánica, en su mayoría de restos vegetales y masa bacteriana y más de 70% de arcilla en su mayoría coloidal. Cuando este material se seca se reduce a una capita mínima. La sección inferior consiste en sedimentos pelíticos firmes que constituyen la masa principal de las acumulaciones lagunares actuales.

## DEPÓSITOS PALEOLÍMNICOS

El registro sedimentario de un ambiente acuático resulta esencial para conocer la historia geológica de cada cuerpo de agua. Sin embargo, no obstante el gran espesor de algunos de estos rellenos (>12 m), se observa como limitación mayor la ausencia de un registro suficientemente continuo, lo que ha hecho necesario recurrir al estudio de los depósitos terrestres (eólicos, paleosuelos, etc.) para establecer directa o indirectamente la sucesión de los hechos geológicos ligados al paisaje y a los ambientes lagunares, mediante cuyo auxilio se ha podido establecer, la historia geológica de los mismos, desde el Pleistoceno superior a la actualidad, (Dangavs y Blasi, 1994). A modo de ejemplo se expone la sucesión sedimentaria de los lechos lagunares de ambientes actuales o extinguidos de la cuenca del río Salado. Dicha sucesión está integrada por siete unidades estratigráficas (cinco subácueas y dos terrestres), descritas de abajo hacia arriba (Tabla 1 y Fig. 2):

Constituyendo el piso de las cubetas, se hallan limolitas arenosas continentales del Pleistoceno medio y en menor grado limos arenosos del Pleistoceno tardío, correspondientes a las Formaciones Ensenada y Buenos Aires respectivamente (Riggi et al., 1986).

Sobre este lecho primitivo se asienta el primer depósito colmatante, representado sedimentos castaño grisáceos claros a gris rosado claro, de texturas fangosas a arenosas, e incluso de gravas de rodados de tosca. Estos sedimentos son macizos y homogéneos o estratificados, en los cuales es común observar rosetas de yeso. La potencia máxima registrada es de 4 m. El contenido paleontológico mayor está representado por restos de los grandes mamíferos de la Pampa, mientras que en el microscopio binocular se observan restos de organismos acuáticos, i.e. escamas de peces, conchillas de gasterópodos, abundantes valvas de ostrácodos, oogonios de charófitas y escasas diatomeas. Estos depósitos representan un paleoambiente dulciacuícola de carácter fluvi-lacustre, que por su posición estratigráfica, características litológicas y contenido fosilífero se asigna a la Formación Luján, Miembro La Chumbiada (Dillon y Rabassa, 1985) del Pleistoceno tardío. Estos depósitos representan el estadio isotópico 3, con condiciones climáticas húmedas y cálidas, cuya edad reconocida es mayor a 28.000 años AP (Iriondo y García, 1993, Iriondo y Kröhling, 1995).

Encima se encuentran en diversos ambientes de la cuenca depósitos intracuencuales de dunas de arcilla, que pueden alcanzar más de 2 m de potencia y dos kilómetros de longitud, constituidos por pellets de arcilla verdosos, floculados en partículas de tamaño arena gruesa a muy fina, que fueron acumulados en lúnulas (Dangavs, 1979), durante un episodio de aridez del Pleistoceno tardío. Estos sedimentos se asignan a la Formación La Postrera I (Dangavs, 2005, en este Congreso), sin correlato en el esquema de Fidalgo (1990); los mismos provienen de la deflación del Miembro La Chumbiada y su antigüedad se corresponde con el estadio isotópico 2, que se puede situar entre los 28.000 y 18.000 años AP y estaría representado por clima frío y seco del último maxi-glacial (Iriondo y García, 1993). En esta unidad también es frecuente la presencia de yeso epigénico.

Suprayacen a las unidades anteriores más de 2,5 m de sedimentos clásticos verde amarillentos con abundante yeso epigénico. Estos sedimentos son generalmente macizos y sin estructuras, excepcionalmente aparecen estratificados; las texturas son areno-limosas a fango arenosas. En estos depósitos se hallan abundantes restos de conchillas de gasterópodos de agua dulce y de aboengo marino y habitat eurihalino, además valvas de ostrácodos, gametangios femeninos de algas charáceas y cónchulas de foraminíferos normales y aberrantes de origen atalásico. Las acumulaciones de este paleoambiente dulciacuícola a salobre corresponden a la FORMACIÓN Luján, Miembro Lobos, de edad Pleistoceno tardío (Dangavs y Blasi, 2003), correlacionándose con la sección superior o verde del Piso Lujanense de Ameghino (1889). A los depósitos de esta edad se les asigna una edad próxima a los 18.000 años AP y mejoramiento de las condiciones climáticas a cálido y húmedo respecto del estadio isotópico 2 (Iriondo y Kröhling, 1995).

**Tabla 1.** Cuadro estratigráfico de depósitos de barrancas y lechos de ambientes lagunares actuales y extinguidos de la cuenca del río Salado (*sensu* Dangavs, 2005)

Período	Época	Unidades Litoestratigráficas	Unidades Pedoestratigráficas	Sitio: Barrancas	Sitio: Lecho
CUATERNARIO	HOLOCENO	F. Aluvial (Valentín, 1898)	Suelo Actual	F. Aluvial	F. Aluvial
		F. La Postrera IV (Dangavs 2005)		F. La Postrera IV	F. La Postrera IV
		Aimarensis (Ameghino, 1889)	Paleosuelo Puesto Berrondo	Paleosuelo Puesto Berrondo	Aimarensis
		F. La Postrera III (Dangavs, 2005)	-----	F. La Postrera III	-----
		F. Luján Miembro R. Salado (Fidalgo et al., 1973)	Paleosuelo Puesto Callejón Viejo	Paleosuelo Puesto Callejón Viejo	F. Luján Miembro R. Salado
	PLEISTOCENO	F. La Postrera II (Dangavs 2005)	-----	F. La Postrera II	-----
		F. Luján, Miembro Lobos (Dangavs y Blasi, 2003)	Sin datos	-----	F. Luján Miembro Lobos
		F. La Postrera I (Dangavs 2005)	-----	F. La Postrera I	F. La Postrera I
		F. Luján Miembro La Chumbiada (Dillon y Rabassa, 1985)	Paleosuelo Suelo Sin Nombre	Paleosuelo Suelo Sin Nombre	F. Luján Miembro La Chumbiada
		F. Buenos Aires (Riggi et al., 1986)	-----	F. Buenos Aires	F. Buenos Aires
		F. Ensenada (Riggi et al., 1986)	¿?	F. Ensenada	F. Ensenada

Encima del Miembro Lobos se disponen depósitos esencialmente pelíticos grises a blancos de más de 2 m de espesor con muy abundantes restos de organismos dulciacuícolas y lentes de ceniza volcánica. Estos sedimentos son de texturas fangosas a limo arenosas y macizas. En la porción media e inferior de estos depósitos de algunos ambientes es frecuente hallar abundante yeso, en cuyo caso las texturas son más gruesas, en otro carbonato de calcio pulverulento en su masa. Estos últimos son fangos calcáreos margosos de color blanco, muy porosos y livianos.

Los restos de la flora y fauna de esta unidad suelen ser semejantes a los de las lagunas actuales, a veces contienen también restos de foraminíferos. Los restos más comunes son: semillas, fitolitos, oogonios, láminas y tubos calcáreos de algas charáceas, frústulos de diatomeas, trozos de huesos de pequeños mamíferos, restos de insectos, escamas y vértebras de peces, valvas de ostrácodos y abundantes conchillas de moluscos de agua dulce. Estos depósitos de paleoambiente lacustre a palustre calcáreo, dulce a salobre, representan a la Formación Luján, Miembro Río Salado de Fidalgo et al. (1973) del Holoceno temprano a medio, que se correlaciona con el Platense de Ameghino (1884) y el Platense fluvio-lacustre de Frenguelli (1945). Iriondo y García (1993) asignan este nivel estratigráfico a la etapa cálida y húmeda que se desarrolló entre 8.500 y 3.500 años AP correspondiente al período climático Hypsithermal.

En algunos depósitos de relleno, sobre los sedimentos palustres del Miembro Río Salado, se observan acumulaciones macizas y homogéneas de hasta 0,5 m de espesor medio

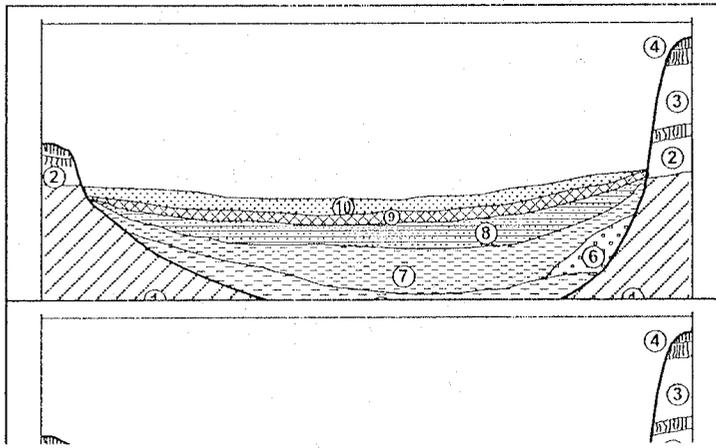


Figura 2. Perfil geológico esquemático de un ambiente lagunar de la cuenca del río Salado.

de texturas fango arenosas y color gris claro, en cuya composición mineralógica aparecen rodados de tosca. Los restos de organismos de la unidad son de agua dulce: fitolitos, conchillas de gasterópodos, valvas de ostrácodos, frústulos de diatomeas y estructuras algales. Este primer depósito paleolímico de los lechos lagunares pampeanos fueron acumulados durante la etapa de cálida y húmeda que se desarrolló entre 1.400 y 700 años antes del presente (Iriondo y Kröhling, 1995), los que Doering (1884) denominara "Formación Subaluvial" y Ameghino (1889) "Aimarense". Las evidencias de estos depósitos subácueos hasta ahora son escasas y quizás, como señala Fidalgo (1990), por semejanza litológica con los depósitos supra e infrayacentes, pueden haber sido incluidos en la base tanto de los depósitos aluviales actuales como en el techo del Miembro Río Salado.

En algunos ambientes actuales y en numerosos extinguidos, debajo de la cubierta aluvial, incluso mezclado con el aluvio aparece un loess edafizado con rasgos hidromórficos de color castaño grisáceo en seco y textura limo arenosa (no representado en la Fig. 2). El perfil más espeso reconocido hasta ahora (0,55 m) se encuentra en la laguna del Siasgo (Dangavs y Blasi, 2002). La presencia de este depósito eólico es indicativo del prolongado estadio de desecación del ambiente, que se podría situar en una época muy reciente, correlacionable con la etapa más fría y seca acaecida entre los 700 y 200 años AP, denominada Pequeña Edad de Hielo (Iriondo y García, 1993), cuya posición estratigráfica se asigna a la Formación La Postrera IV del Holoceno tardío (Dangavs, 2005).

Los sedimentos superiores de relleno de las cubetas representan a las acumulaciones más recientes (postconquista), asignables a la Formación Aluvial (Valentín, 1898), cuya potencia máxima registrada alcanza a 2 m de espesor. Estos son sedimentos epiclásticos, vitroclásticos y bioclásticos de texturas psefiticas a pelíticas, los que, de acuerdo a su posición en el cuerpo de agua, pueden ser asimilados a dos subfacies depositacionales (ver acápite de sedimentos actuales). Los restos de la flora y fauna son muy abundantes y consisten en tejidos vegetales, semillas y raíces, frústulos de diatomeas, gametangios de algas charáceas, huesos de pequeños mamíferos, escamas y vértebras de peces, restos de insectos, valvas de ostrácodos, espículas de espongiarios y conchillas de gasterópodos y almejas.

#### ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

La importancia económica de los ambientes lagunares en la Pampa Seca se relacionó tradicionalmente con la cosecha de sales, mientras que en la Pampa Húmeda, la misma ha estado ligada a los recursos bióticos (pesca, caza, pilíferos, vegetación, etc.) y la actividad deportiva, pero a partir de los años 90 se ha empezado a vislumbrar la posibilidad de explotar los materiales de relleno de las cubetas, sobre todo en la cuenca del río Salado. Concretamente, en dicha cuenca se conoce, hasta ahora, la existencia de treinta y tres sitios con alto potencial yesífero. Por ejemplo, en la cubeta de la laguna del Siasgo, al norte de General Belgrano, ésta aloja en su relleno un depósito de yeso lenticular de 2,15 m de espesor medio, con una ley mínima de yeso de 53,5%, que sobrepasa 53 millones de toneladas de mineral y cuya calidad cumple con las especificaciones de la industria nacional (Dangavs y Blasi, 2002).

Otros materiales que actualmente se aprovechan provienen del dragado para la recuperación de estos ambientes; son los fangos colmatantes de las cubetas, que se utilizan para rellenar terrenos bajos y en la industria de la construcción. Tal es el caso de la laguna de San Vicente, donde, en base a las necesidades planteadas por el municipio de San Vicente, se estableció un volumen a dragar de más de 0,5 hm<sup>3</sup> de sedimentos arcillosos. Para estos barros se calificaron sus posibilidades de uso alfarero-industrial mediante análisis difractométrico de arcillas y diversos ensayos alfareros, determinándose la factibilidad de aprovechamiento para la industria ladrillera (ladrillo común, de máquina y hueco), fabricación de zócalos y baldosas, alfarería e industria escultórica (Dangavs et al., 1994).

### ORIGEN DE LAS CUBETAS

Los rasgos dominantes en gran parte de la pampasia bonaerense no son de clima húmedo, sino que más bien corresponden al de un antiguo desierto, donde la morfología heredada de climas áridos del pasado geológico reciente controla aún los procesos hidrológicos. Así, en las diversas cuencas de la geografía bonaerense no siempre dominan los sistemas fluviales, sino los antiguos paisajes desérticos con cubetas y microcubetas, hoy bajo régimen climático húmedo transformadas en ambientes lénticos en sus diversas categorías límnicas.

Para Tricart (1973), estas cubetas son formas complejas, desarrolladas bajo la influencia de clima semiárido, donde predominó la excavación eólica, en alternancia con períodos húmedos, durante los cuales éstas serían transformadas en pantanos.

En nuestro concepto, las actuales lagunas se alojan en cubetas de edades distintas y de variado origen, en cuyo modelado casi nunca los procesos fueron únicos, sino que, en muchos casos, se reconoce la superposición de dos o más acciones geomorfológicas. Sin embargo, el proceso dominante ha sido el deflacionario, incluso en las áreas de cauces fluviales y depresiones de origen tectónico. Tampoco se descarta en la génesis de cubetas la existencia de depresiones primitivas, donde las acciones repetitivas de deflación-acumulación hídrica ampliaron dichas protocubetas hasta transformarlas en las cubetas que contienen a las actuales lagunas.

Frenguelli (1957), señala que los efectos deflacionarios en el Pleistoceno Superior (Bonaerense) fueron más intensos y generalizados que los posteriores del Holoceno. De ello resulta que la magnitud e incidencia de los fenómenos eólicos fueran las determinantes de que las cubetas excavadas en el Pleistoceno Superior fuesen mucho más profundas que las posteriores del Holoceno. La consecuencia actual de ello, es que, las cubetas de mayor edad alojan cuerpos de agua que se encuentran en mejor estado limnológico que las contenidas en cubetas más jóvenes.

El sustrato de las cubetas lagunares está constituido por depósitos de las Formaciones Ensenada o Buenos Aires (Riggi et al., 1986) o ambos. Los lechos de edad "Ensenadense" fueron excavados durante las acciones eólicas del "Bonaerense" y los depósitos de relleno más antiguos están representados por los sedimentos de la Formación Luján, Miembro La Chumbiada del Pleistoceno tardío (Dillon y Rabassa, 1985), (ejemplo: laguna Chascomús). En tanto, las cubetas cuyos lechos están constituidos exclusivamente por sedimentos de la Formación Buenos Aires responden a cuatro eventos eólicos "posbonaerenses", acaecidos entre el Pleistoceno tardío y el Holoceno (Formación La Postrera I, II, III y IV, Dangavs 2005). Los depósitos de relleno más antiguos de estas cubetas son indicativos del proceso deflacionario inmediato anterior que dio origen a la misma. Por ejemplo, si los depósitos más antiguos del lecho lagunar son de la FORMACIÓN Luján, Miembro Río Salado (Fidalgo et al., 1973), podemos suponer que la excavación de cubeta se produjo durante las acciones eólicas de la Formación La Postrera II (Dangavs, 2005), etc. Por otra parte, en los lechos con depósitos tanto de la Formación Ensenada como Buenos Aires, el sustrato "Ensenadense" se restringe al sector central más profundo de las cubetas, mientras que los sedimentos del "Bonaerense" se hallan en la periferia. Este sector periférico evoluciona lentamente por sucesivas acciones geomórficas eólicas e hídricas, ampliando paulatinamente las cubetas primitivas hasta su configuración actual.

Cabe destacar que en los lechos lagunares no sólo aparecen acumulaciones de origen subáqueo, sino también subaéreo, depositadas durante períodos de desecación de dichos ambientes. En este sentido, hasta ahora se han hallado en algunos lechos lagunares de la

cuenca del río Salado depósitos eólicos de las Formaciones La Postrera I y IV (*sensu* Dangavs, 2005).

Así, en función de los diversos procesos eólicos e hídricos acaecidos en la cuenca del río Salado desde el Pleistoceno superior al presente, podemos establecer hasta cinco etapas de excavación de cubetas (y/o rejuvenecimiento) en clima árido y cinco de acumulación en clima húmedo. Cabe destacar que, en la formación y evolución de las cubetas los fenómenos intervinientes nunca han sido únicos, sino que más bien estos responden a la acción combinada de varios procesos, siendo los principales la acción deflacionaria del viento, el lavado y retroceso de pendientes y en los casos de sistemas fluvio-lacustres también la acción fluvial. Todos los procesos considerados actuando en forma repetitiva de deflación-acumulación-deflación durante la alternancia de climas secos y húmedos que caracterizó la región pampeana desde el Pleistoceno superior al presente modelaron las depresiones y/o valles primitivos hasta transformarlas en cubetas, las que bajo el régimen climático húmedo actual se han transformado en ambientes lénticos, principalmente lagunares.

Considerando las distintas etapas de aridez en base a sus productos de deflación y las de clima húmedo, representadas por los depósitos de relleno de las cubetas, acumulados en forma sucesiva sobre los lechos primitivos, podemos reconocer en la cuenca del río Salado hasta cinco depósitos de acumulación eólica y otros cinco de acumulación hídrica, representados en la Tabla 1.

Según Hutchinson (1957) son 11 los procesos principales que generan 75 tipos diferentes de cubetas lacustres. Si bien, los procesos formadores generalmente están controlados regionalmente, el tipo de cubeta y su ubicación en el paisaje a menudo estarán determinados por la intensa acción de la actividad local. En la provincia de Buenos Aires hemos reconocido solamente 7 de estos procesos, de los cuales los principales son el eólico y los combinados.

Algunos pocos ejemplos acerca del origen de cubetas lagunares bonaerenses son los siguientes:

Procesos eólicos: La mayoría de los ambientes lagunares y microlimnótopos lénticos; ejemplos destacables: Hinojo y Las Tunas (Trenque Lauquen), Kakei Huincul, Yamahuida, Yerúa (Maipú), etc.

Procesos combinados, eólicos y de solución; solución de yeso: Los Difuntos (Maipú); solución de carbonato de calcio: algunos microlimnótopos lénticos.

Procesos fluviales: en cortes de meandros: curso inferior de los ríos Salado y Samborombón; en depresiones o acanaladuras a lo largo del curso, separadas por albardones costeros: pequeñas cubetas a lo largo del río Salado y los arroyos Vallimanca, Saladillo y en los paleoestuarios de la Pampa Ondulada, etc.; detrás de los albardones de cursos distributarios deltaicos: delta del Paraná.

Procesos combinados, fluviales y eólicas: Mar Chiquita, Gómez y El Carpincho (Junín), Lobos, Encadenadas de Chascomús, Encadenadas de Monte, Encadenadas de Pila, del Tordillo, de Juancho (Daireaux-Bolivar), del Potrillo (Saladillo), etc.

Procesos litorales: endicamiento por dunas costeras: Mar Chiquita (Mar Chiquita), Sauce Grande (Monte Hermoso), La Salada (Coronel Dorrego), etc.; en depresiones entre barras de costas progradantes: pequeñas lagunas <100 ha de la bahía Samborombón.

Procesos combinados, litorales y eólicos: Salada Grande y Salada Chica (General Lavalle).

Procesos combinados, tectónicos, fluviales y eólicos: Chasicó (Villarino-Puán), Los Chilenos (Tornquist-Saavedra), Encadenadas del Sudoeste (Adolfo Alsina-Guamini).

Procesos de acumulación de materia orgánica: madrejones del delta del Paraná.

Por comportamiento complejo de organismos superiores: cavas y embalses.

## REFERENCIAS

- Ameghino, F. 1881. La Formación Pampeana o estudio sobre los terrenos de transporte de la cuenca del Plata. 376 pp., 2 perfiles, 1 cuadro. G. Masson. Paris.
- Ameghino, F. 1884. Excursiones geológicas y paleontológicas en la provincia de Buenos Aires. Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 6: 161-257.
- Ameghino, F. 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba Actas 6: 1028 p.
- Balmaceda, P., Konzewitsch, N. y Galli, C. 1951. Informe preliminar sobre la laguna Epecuén (provincia de Buenos Aires). Dirección Nacional de Geología y Minería. Carpeta 165. Buenos Aires.

- Blasi, A. y Dangavs, N. 1992. Sedimentos actuales de la laguna Lobos, Buenos Aires, Argentina. Cuarta Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 2: 167-174. La Plata.
- Bradley, W.H. 1963. Paleolimnology. En: Limnology in North America, D. Frey (Ed.), University Wisconsin Press, p. 621-652.
- Bravard, A. 1857. Geología de las Pampas y observaciones geológicas sobre diferentes terrenos de transporte en la hoya del Plata. 107 pp. Buenos Aires.
- Burmeister, G. 1876-79. Description physique de la République Argentine, d'après des observations personnelles et étrangères. T1, 394 pp., 1876; t 2, 412 pp, 1876; Tomo 3, 556 pp. 1879. Paris.
- Canevari, P., Blanco, D., Bucher, P. Castro, G. y Davidson, I (eds.). 1999. Los Humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación. Wetlands International Publicación 46, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires, 208 pp.
- Cordini, R. I. 1938. La laguna de Chascomús. Contribución a su conocimiento limnológico. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 44, pp. 33. Buenos Aires.
- Cordini, R. I. 1939. El lago Nahuel Huapí. Contribución a su conocimiento limnológico. Boletín 47, Dirección Nacional de Geología y Minería, pp. 55. Buenos Aires.
- Cordini, R. I. 1942. La laguna La Brava (Provincia de Buenos Aires). Contribución a su conocimiento limnológico. Revista Argentina de Zoogeografía, 2(1): 3-53. Buenos Aires.
- Cordini, J. M. 1950. Contribución al conocimiento limnológico del embalse del río Tercero. Publicación Miscelánea 331. Dirección General de Pesca y Conservación de la Fauna, Ministerio de Agricultura de la Nación. 36 pp. Buenos Aires.
- Corti, H. 1925. La laguna Epecuén (Carhué). Dirección Nacional General de Geología e Hidrogeología; Publicación 5. Buenos Aires.
- Cowardin, I., Carter, V., Golet, F. y La Roe, E. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service Report FWS-OBS-79-31, 131 pp.
- 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. 2005. La Formación La Postrera I, II, III y IV de la laguna Las Barrancas de Chascomús, provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino Actas. La Plata, en prensa.
- Dangavs, N. y Blasi, A. 1994. Quaternary ontogeny of a pampean "laguna". Sedimentological and biological characteristics of Lobos Lake sediments, Argentina. Journ of Paleolimnology 10(1):59-66.
- Dangavs, N. y Blasi, A. 2002. Los depósitos de yeso intrasedimentario del arroyo El Siasgo, partidos de Monte y General Paz, Provincia de Buenos Aires. Asociación Geológica Argentina Revista 57(3): 315-327.
- Dangavs, N. y 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. Segundo Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Actas: 67-74. San Miguel de Tucumán.
- Dangavs, N., Blasi, A. y Merlo, D. 1996. Geolimnología de la laguna Chascomús, provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Museo La Plata (Nueva Serie), Sección Geología 11 (113): 167-195.
- Dangavs, N., Blasi, A., Merlo, D. y Mormeneo, M. 1994. Estudio geolimnológico de la cuenca del arroyo San Vicente, Provincia de Buenos Aires. C.F.I.-CISAUA- UNLP. Informe final. Vol. 1 y 2. La Plata.
- Darwin, Ch. 1846. Geological observations on South America. 279 pp. London.
- Davis, W. M. 1882. On the classification of lake basins. Proceedings Boston Society Natural History 21: 315-381.
- Delebecque, A. 1898. Atlas des lacs français. Ed. Chamerot & Renouard. Paris, 436 pp.
- Dillon, A. y Rabassa, J. 1985. Miembro La Chumbiada, Formación Luján (Pleistoceno, provincia de Buenos Aires): Una nueva unidad estratigráfica del valle del río Salado. Primeras Jornadas Geológicas Bonaerenses, Resúmenes, p 27. Tandil.
- Doering, A. 1882. Geología. En: Informe Oficial de la Comisión Científica agregada al Estado Mayor General de la Expedición al Río Negro. Entrega 3: 299-530. Buenos Aires.
- Doering, A. 1884. Estudios hidrognósticos y perforaciones artesianas en la República Argentina. Boletín Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 6: 259-340. Córdoba.
- d'Orbigny, A. 1835-1847. Voyage dans l' Amerique Meridionale (1826-1833). Traducción castellana Edición EMECE, Buenos Aires, 1999.
- Drago, E. 1990. Limnology in Argentina. Acta Limnologica Brasileana 3: 49-75.
- Fidalgo, F. 1990. La Formación La Postrera. International Simposium of Loess, INQUA, Resúmenes Expandidos: 78-83, Mar del Plata.
- Fidalgo, F. De Francesco, F. y Colado, U. 1973. Geología superficial en las hojas Castelli, J. M. Cobo y Monasterio, provincia de Buenos Aires. Quinto Congreso Geológico Argentino Actas 4: 27-39, Carlos Paz, Córdoba.
- Folk, R. 1968. Petrology of Sedimentary Rocks. 170 p. Hemphill's, Austin.
- Forbes, S. A. 1887. "The lake as a microcosm". Bulletin Peoria Scientific Association, (Set 1, 14): 77-87.
- Forel, F. 1892. Le Léman: Monographie limnologique, 1. Géographie, Hydrographie, Géologie, Climatologie, Hydrologie. Rouge, Lausanne. 543 pp.

- Frenguelli, J. 1928. Observaciones geológicas de la región costanera sur de Buenos Aires. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Anales 2, 145 pp. Santa Fe.
- Frenguelli, J. 1945. El piso Platense. Revista Museo La Plata (Nueva Serie), Secc. Geología 2: 287-311.
- Frenguelli, J. 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie II, (33), 72 pp. La Plata.
- Frenguelli, J. 1956. Rasgos generales de la hidrografía de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT, Serie 2, (62) : 1-19. La Plata.
- Frenguelli, J. 1957. Neozoico. En: Geografía de la República Argentina. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos (GAEA) 2, 3a parte: 1-113. Buenos Aires.
- García, P. 1836. Diario de la Expedición de 1822 a los campos del sur de Buenos Aires, desde Morón hasta Sierra de la Ventana. Colección de Angelis, Imprenta del Estado, Buenos Aires. 276 pp.
- Gilbert, T. G. 1890. Lake Bonneville. U.S. Geological Survey, Monograph 1, 438 pp.
- Gopal, B., Turner, R., Wetzel, R. y Whigham, D. 1982. Wetlands. Ecology and management. En: Proceedings of the First International Wetlands Conference, september 1980, New Dehli, India; Jaipur, India, National Institute of Ecology and International Scientific Publications, 514 p.
- Grau, C. 1930. La laguna del Monte (Guamini). Caracteres y propiedades de sus aguas. Ministerio de Obras Publicas. Oficina Química. La Plata. 28 pp.
- Grau, C. 1934. Carhué. El lago Epecuén. En Bañerios Argentinos, tomo 7. Buenos Aires.
- Hutchinson, E. G. 1957. A Treatise of Limnology. Vol 1: Geography, physics and chemistry. 1015 pp., J. Wiley, New York.
- Iriondo, M. y Kröhling, D. 1995. El sistema eólico pampeano. Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales 5(1): 1-68. Santa Fe.
- Iriondo, M. y García, N. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18.000 years. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 101: 209-220.
- MacDonagh, E. 1934. Nuevos conceptos sobre la distribución geográfica de los peces argentinos basados en las expediciones del Museo de La Plata. Revista Museo de La Plata 34: 21-170.
- Marinelli, O. 1900. Area, profondita, altri elementi dei principale laghi italiani. Revista de Geografia, Vol. 7. Milano.
- Martin, A., Hotchkiss, N., Uhler, F. y Bourn, W. 1953. Classification of wetlands of United States. U.S. Fish and Wildlife Service Special Scientific Report, Wildlife NO 20, 14 p. Washington D.C.
- Olivier, S. 1961. Breve reseña histórica y proyectiva de los estudios limnológicos en Argentina. Physis 22(63): 45-51. Buenos Aires.
- Penck, A. 1882. Die Vergletscherung der Deutschen Alpen, ihre Ursachen, Periodische Wiederkehr und ihr Einfluss auf die Bodengestaltung. 483 pp. J. Barth Verlag, Leipzig.
- Penck, A. y Richter, F. 1895. Atlas der Oesterreichischen Alpseen. Band I: 1895, Band 2. 1896. Leipzig.
- Riggi, J., Fidalgo, F., Martinez, O. y 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.
- Ringuelet, R. 1962. Ecología acuática continental. 137pp. Editorial EUDEBA.
- Rovereto, G. 1914. Studi di Geomorfologia Argentina 4: La Pampa. Bolletino della Società Geologica Italiana, 33: 75-128.
- Russell, I. 1885. Geological history of Lake Lahonton, a Quaternary lake of Northwestern Nevada. U.S. Geological Survey, Monograph 11. 288 pp.
- Russell, I. C. 1895. Lakes of North America. Ginn & Co, Boston. 125 pp.
- Sly, P. 1978. Sedimentary processes in lakes; pp. 65-89. En: A. Lerman (Ed.) Lakes: chemistry, geology, physics. Springer Verlag. New York.
- Stappenbeck, R. 1926. Geologie und Grundwasser der Pampa. 409 pp. 80 figs., 13 tablas y 3 mapas. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Sussini, M., Herrero Ducloux, E., Brandán, R., Isnardi, H., Galmarini, A., Castillo, M. y Pastore, F. 1937. Aguas minerales de la República Argentina, Volumen 2: Provincia de Buenos Aires. 321 pp., fotografías 92 pp., gráficos 67 pp. Ministerio del Interior, Buenos Aires.
- Tapia, A. 1932. En: Márquez Miranda, F. Arqueología de la laguna de Lobos (provincia de Buenos Aires) 25 Congreso Internacional de Americanistas, La Plata 1932. Actas 2: 75-112.
- Tapia, A. 1935. Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. Dirección Nacional de Geología y Minería, Boletín 40, Dirección Nacional de Geología y Minería Buenos Aires.
- Tapia, A. 1937. Datos geológicos de la Provincia de Buenos Aires. En: Comisión Nacional Climatología y Aguas Minerales, Aguas Minerales de la República Argentina, Tomo 2: 26-90. Buenos Aires.
- Tricart, J. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Colección Científica del INTA 12, 202 p. Bs. As.
- United States Geological Survey. 1998. National water summary on Wetland resources. Water Supply Paper, 431 pp. Washington.
- Valentín, J. 1898. Bosquejo geológico de la Argentina. Segundo Censo Nacional 1895. Parte Geológica: 61-109. Buenos Aires.
- Zeballos, E. 1876. Estudio geológico sobre la provincia de Buenos Aires. Anales Sociedad Científica Argentina 1876: 6-55. Buenos Aires.

