

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO

REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

TOMO XI

1992

Geología N° 100

PRESENCIA DE YESO EN LOBOS, BUENOS AIRES, ARGENTINA

NAURIS V. DANGAVS ⁽¹⁾ y ADRIANA M. BLASI ⁽²⁾

RESUMEN

Entre los sedimentos clásticos colmatantes de la laguna de Lobos, se ha reconocido una importante concentración de cristales discoidales de yeso de tamaño arena, cuyo conjunto constituye un depósito terroso-arenoso de gipsita impura.

El yeso se encuentra diseminado en forma intrasedimentaria en fangolitas friables, principalmente en las asignables a un paleoambiente acuático mixohalino.

El material clástico-químico totaliza un volumen de 8,73 hm³, con un contenido en peso de yeso de más de 8 millones de toneladas.

Distintas manifestaciones de yeso en ambientes paleoaluviales de la cuenca del Salado presentan idénticas características.

Se relaciona su presencia con ascenso de aguas subterráneas sulfatadas, que actuaron como soluciones salinas en el nivel de evaporación capilar del paleoambiente lagunar, con la concurrencia de fuerte evaporación durante etapas de aridez de la región durante el Holoceno.

Palabras Claves: Costras yesíferas -Yeso lenticular- Evaporación de aguas subterráneas sulfatadas-paleoambientes lénticos.

ABSTRACT

AN OCCURRENCE OF GYPSUM IN LOBOS, BUENOS AIRES, ARGENTINA. A large concentration of sand size, lens-shaped gypsum crystals has been recognized in the clastic sediments filling up Lobos Lake. The crystals, as a whole, constitute an earthy-sandy deposit of impure gypsite.

The gypsum is interspersed, in friable mudstones, principally those assigned to a mixohaline palaeoenvironment.

The clastic-chemical material has a volume of 8,73 hm³ and a gypsum content of over 8 million tons. Various gypsum occurrences in the Salado River basin have the same characteristics. They are related to the rise of sulfate rich groundwaters, which acted as a saline solution in the capillary-fringe evaporation level

(1) Instituto de Geomorfología y Suelos, F. C. N. y M., U. N. L. P.

(2) Comisión de Investigaciones Científicas, P. B. A.

of the lacustrine palaeoenvironment. Gypsum precipitation is related to arid palaeoclimatic phases during the Holocene.

Key Words: Gypsum crusts - Lenticular gypsum - Evaporation of sulfate-bearing groundwater - Lentic palaeoenvironments

INTRODUCCION

Al estudiar con fines ambientales los sedimentos colmatantes de la laguna de Lobos, hemos hallado que éstos no representan un episodio continuo de relleno, producto del funcionamiento actual de la misma, sino que sus acumulaciones constituyen un conjunto de naturaleza litológica y biológica dispar, tanto en sentido horizontal como vertical. Así, en la sucesión vertical se reconocen distintos depósitos superpuestos que conciernen no sólo a los acontecimientos actuales, sino también a los hechos del pasado geológico de la laguna, o más bien, de anteriores lagunas que han funcionado en la misma cubeta.

De esta manera, por debajo de los sedimentos más recientes, se encuentra en un amplio sector del cuerpo lagunar, entre otros materiales, un importante depósito intrasedimentario de yeso en cristales de tamaño arena, el que hacia abajo alcanza el piso de la cubeta, mientras que lateralmente se interdigita con sedimentos clásticos sin yeso.

La presencia de yeso terroso y de agregados en roseta ha sido frecuentemente mencionada en la literatura geológica de la provincia de Buenos Aires, en asociación a sedimentos del Lujanense, Querandínense, y Platense. La primera descripción de depósitos de esta naturaleza correspondió a Angelelli *et al.* (1973). Se trata de explotaciones comerciales, situadas en la cuenca del río Quequén Grande, de un material de aspecto terroso, friable, integrado por individuos microcristalinos, cuyo origen refieren a la precipitación química en ambientes lagunares del Platense.

Posteriormente Teruggi *et al.* (1974), realizaron el primer estudio sobre yeso en la cuenca del río Salado. Este se encuentra alojado en el montículo de edad Platense superior, situado en la costa oriental de la laguna Las Barrancas en Chascomús, donde el sulfato se presenta como una gipsita impura en el sentido de Stone (1920) en cristales chatos en forma de plaquitas, que llegan a constituir hasta el 80 % de la misma.

Acumulaciones semejantes a las anteriormente descritas fueron reconocidas por Dangavs y Merlo (1980) en el lecho de la Laguna Del Siasgo en General Belgrano, en asociación a un paleoambiente mixohalino. El hallazgo de yeso en la laguna de Lobos, representa otro caso más de notables acumulaciones evaporíticas de la cuenca del río Salado alojadas en paleoambientes lénticos.

GENERALIDADES

La laguna de Lobos está situada en la región noreste de la provincia de Buenos Aires, unos 115 km al sudoeste de la ciudad de Buenos Aires, en el seno de una llanura de acumulación de suave relieve y muy escasa pendiente, en dirección SSE. La misma posee una cuenca fluvial tributaria de 1.720 km², afluente del río Salado y una superficie de espejo de agua de 7,6 km² en la cota 22,60 m. (Fig. 1 y 2).

La mayor altitud de la cuenca se encuentra en su extremo noroeste en la cota 45,6 m y la menor en el lecho de la laguna de Lobos a 21,12 m, siendo la altitud media de 33,46 m.s.n.m.. Dos unidades geomorfológicas contrastantes caracterizan la cuenca, v.gr. el "Área de la planicie de acumulación limosa eólica" y el "Área del dominio fluvial". En esta segunda unidad se encuentra la laguna de Lobos, así como otras cubetas lagunares, bañados, microcubetas y los cauces fluviales naturales o de canalización.

El clima de la región es templado húmedo, con temperatura media anual de 15,8° C y las lluvias de distribución bastante regular, siendo las normales del período 1911/88 de 902 mm. año⁻¹, no obstante lo cual la red hidrográfica es poco desarrollada, constituida por un colector principal de 71,3 km (Cañada de Navarro + Arroyo Las Garzas) y dieciséis tributarios menores que conforman apenas veintidós cauces, con una densidad de drenaje de 0,126 km.km⁻², todos los cuales en alguna medida han sido culturalmente modificados. La laguna es alimentada por las lluvias y el escurrimiento fluvial, siendo sus relaciones con el agua subterránea de carácter efluente-influente.

Limnológicamente la laguna es un cuerpo de agua permanente, con salinidad media anual de 2 g.l⁻¹, pH

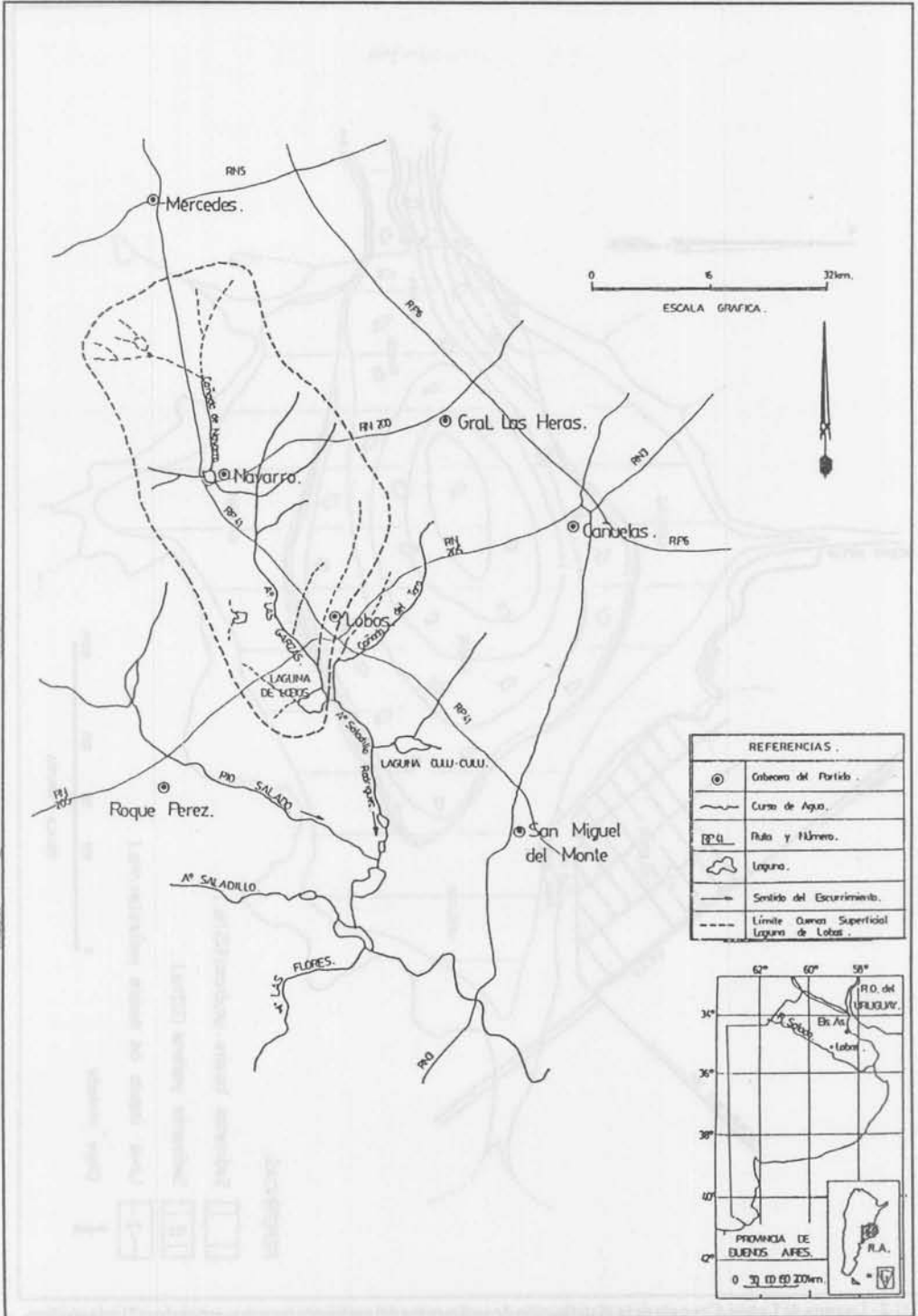


FIG. 1 - Mapa de ubicación de la Laguna de Lobos y su cuenca. Planimetría general.

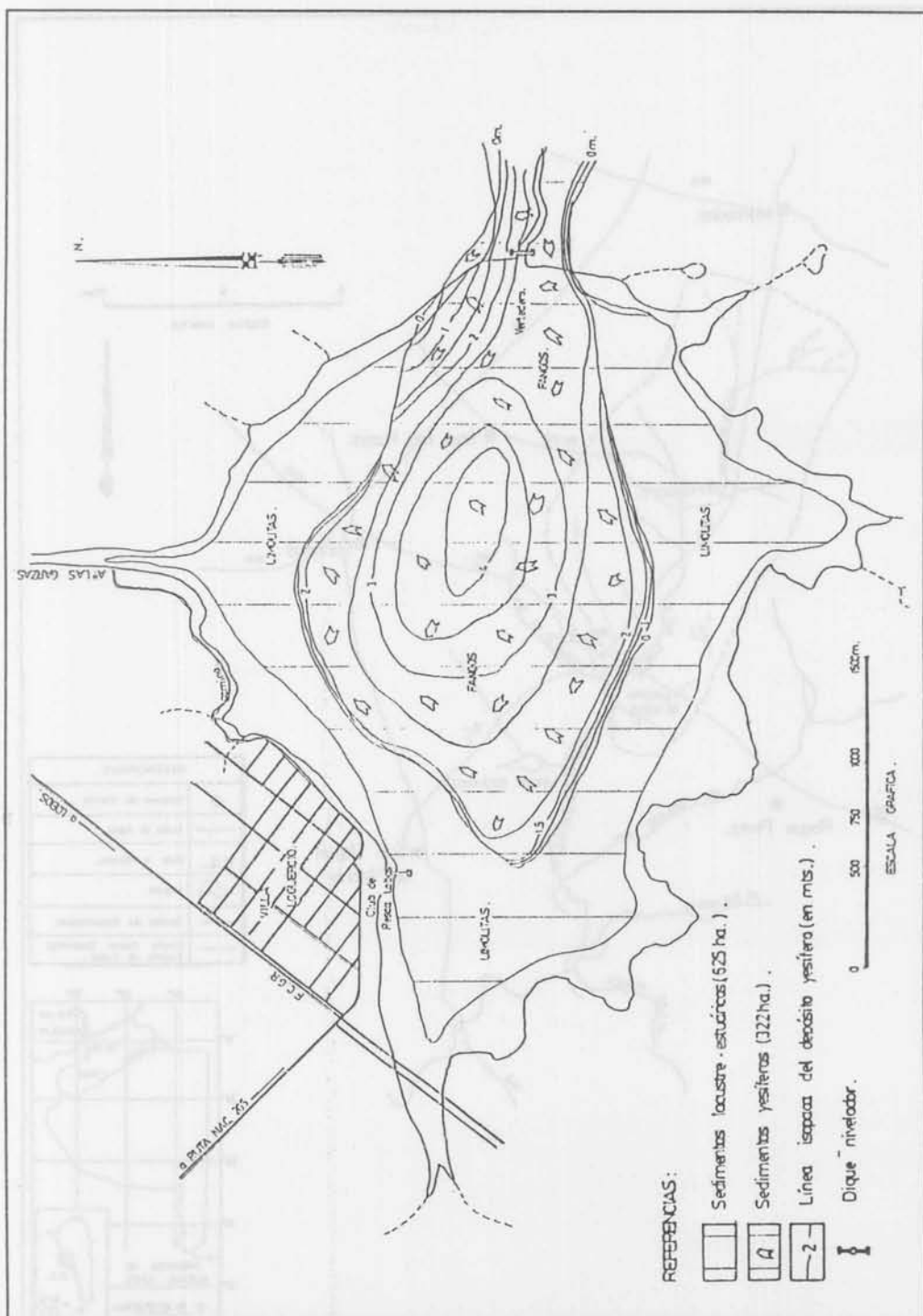


FIG.2 - Laguna de Lobos. Croquis de la distribución de sedimentos del ambiente lacustre-estuarino (?) mixohalino, del depósito yesífero e isopaco de yeso.

levemente alcalino, dureza total elevada (42° F), relación Mg/Ca de 4,9 y Cl/HCO₃ de 2,6. La tipificación de la composición química, de acuerdo al criterio de Maucha (1932), indica agua clorurada sulfatada sódica, hemi a bicarbonatada y hemimagnésica. La condición salobre, los altos índices de magnesio, al cual podemos añadir el sulfato, dureza y relaciones iónicas, indican cierta afinidad con el agua de mar diluida.

Este ambiente acuático está contenido en una cubeta, que ha evolucionado a lo largo de su historia geológica, por efecto de la paulatina colmatación de su lecho con detritos minerales y orgánicos y del modelado hidro-éólico, de la forma primitiva en Wanne, con más de 7 m de profundidad, a la actual en palangana, con menos de 2 m de profundidad.

Su litoral no presenta costas aluvionales, salvo en la zona de las nacientes de su emisario, donde se ha ubicado un dique nivelador. Este pequeño tramo, situado en el extremo oriental de la cubeta, representa la antigua planicie aluvial que separa actualmente la laguna de la Cañada del Toro. En el resto de su perímetro posee costas barrancosas de altura variable, desde un mínimo de 0,3 m hasta un máximo de 4 m, labradas en sedimentos del Pleistoceno medio, alto y Holoceno.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA Y DE LA LAGUNA

La laguna se encuentra desarrollada en depósitos del Cuaternario, cuyos asomos son visibles en la región solamente en barrancas de cuerpos de agua y cortes artificiales. Los mejores afloramientos se encuentran en las barrancas de la laguna de Lobos, en cuya sucesión se reconocen cuatro unidades litoestratigráficas (Fig. 3).

La más antigua, del Pleistoceno medio, en la cual se encuentra excavada la cubeta lagunar, responde de acuerdo a sus características al denominado "Ensenadense" de Frenguelli (1957). La misma aflora en la porción basal de las barrancas y se encuentra constituida por limolitas arenosas levemente a bien consolidadas y entoscadas, macizas o estratificadas.

La segunda unidad, del Pleistoceno alto, corresponde al "Bonaerense" (Frenguelli, op. cit.), que aflora con potencias de 0,15 a 3,0 m, en marcada discordancia erosiva en su base y techo. Sus depósitos constituyen un horizonte loésico mantiforme friable a levemente endurecido, de textura limo arenosa y con carbonato de calcio diseminado en la masa en forma de concreciones (tosca).

La tercera unidad se encuentra ligada al paisaje actual, coronando su relieve. La componen depósitos mantiformes de la F. La Postrera del Holoceno (Fidalgo, 1983), que consiste en un loess arenoso, bastante vitroclástico y sin tosca, que alcanza una potencia de 1 m, la que hacia los valles se adelgaza hasta desaparecer, sepultada por el Aluvio.

Los depósitos más recientes, denominados colectivamente "Aluvio", constituyen la última unidad visible en la zona. Este se encuentra representado por acumulaciones poco significativas de gravas a arcillas, escasamente seleccionadas, presentes en las barrancas más bajas, donde recubren o recortan parcialmente los afloramientos de mayor edad. Sin embargo, sus depósitos más importantes y mejor seleccionados se encuentran en el lecho lagunar, constituyendo los sedimentos propios del cuerpo de agua actual (U4 de la Fig. 3).

Desde el punto de vista geológico, la laguna es una cuenca de sedimentación que, por sucesión temporal evoluciona "in situ" hasta su desaparición o se rejuvenece ante drásticos cambios climáticos (sequías e inundaciones).

La caracterización sedimentológica de las acumulaciones de lecho, con más de 5 m de potencia, ha permitido reconocer distintas unidades superpuestas, que a los fines de este trabajo han sido numeradas informalmente del 1 al 4. Las mismas representan otros tantos ambientes depositacionales, los que serán tratados "in extenso" en próximas contribuciones. El ordenamiento estratigráfico de la sucesión colmante, dispuesto de abajo hacia arriba, es el siguiente (Fig. 3):

UNIDAD 1: se encuentra en el lecho primitivo de la cubeta en una extensión de 2,9 km², con potencias de más de 2 m. Son depósitos pelíticos y restos de organismos dulciacuícolas, afectados con posterioridad por la precipitación de yeso intrasedimentario. La acumulación totaliza un volumen de 3,1 hm³ y representa un paleoambiente palustre.

UNIDAD 2: Corresponde a un pequeño depósito intracuenca de dunas de arcilla de 1,7 m de potencia y aproximadamente 1 km de largo, formado por pellets de arcilla floculados en los tamaños limo y arena y acumulados en lúnulas (Dangavs, 1979), durante un episodio de aridez, producido al final de la depositación

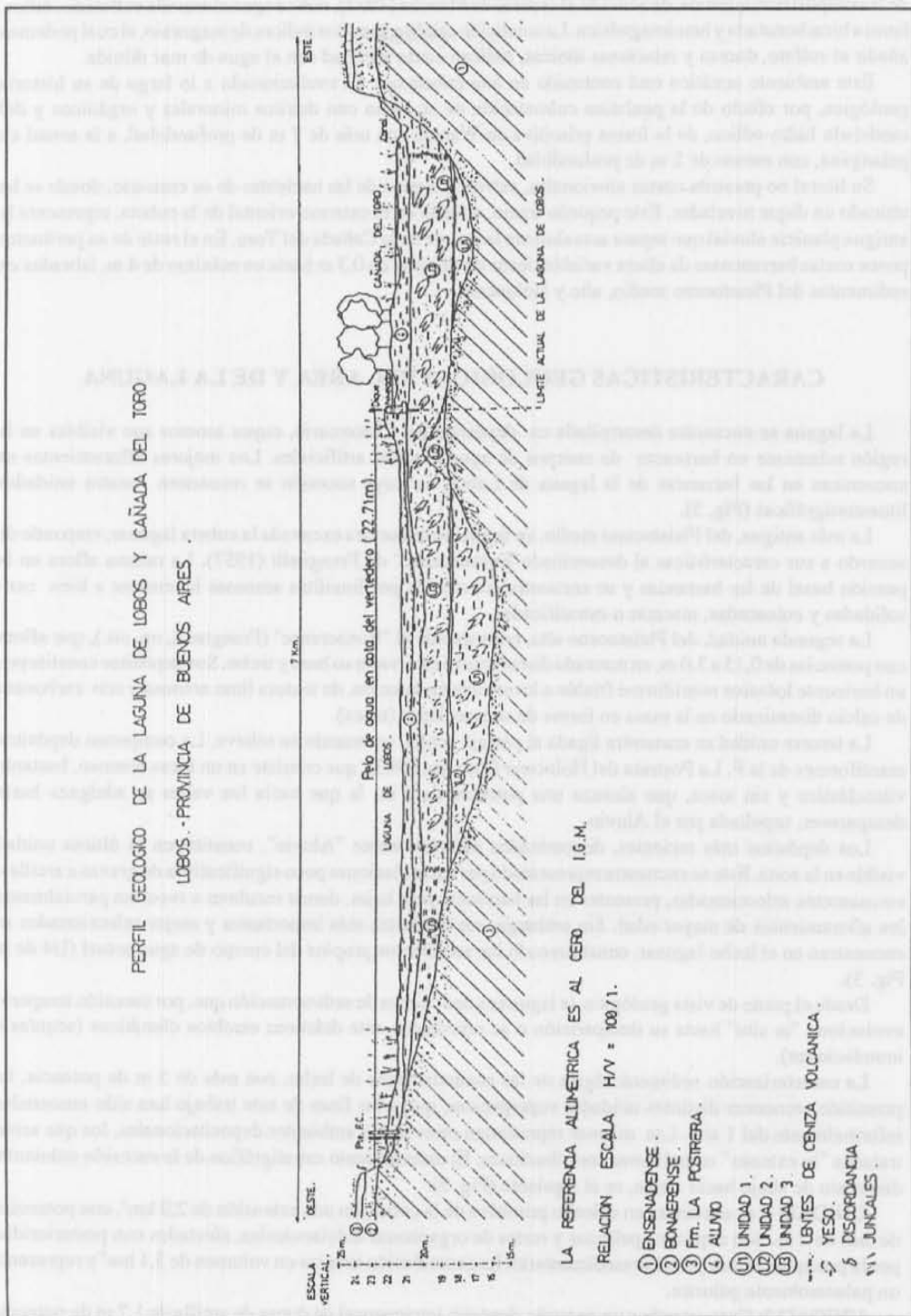


FIG. 3 - Perfil geológico de la Laguna de Lobos y Cañada del Toro. Lobos, provincia de Buenos Aires.

de la Unidad 1, a lo cual se añade yeso epigenético.

UNIDAD 3: ocupa una extensión de 6,2 km², con un espesor de hasta 2 m y está constituida por limolitas, fangolitas y yeso cristalino intrasedimentario, disperso en las fangolitas (texturalmente: arena fangosa y fango arenoso). Los sedimentos fangosos con yeso se sitúan en la porción interior del área de distribución de la unidad, cubriendo una superficie de 3,2 km², mientras que los sedimentos clásticos limosos, que abarcan 3 km², rodean a los anteriores (Fig. 2). Estos últimos, primitivamente también fueron portadores de yeso, pero éste ha desaparecido casi totalmente de su seno por efectos de la corrosión.

Los restos de organismos de la unidad 3, de acuerdo a su origen y tolerancia a la salinidad representan una mezcla de formas de agua dulce y eurihalinas, en el intervalo oligo a meso-polihalino, con condiciones de vida semejantes a una laguna costera con libre comunicación con el mar. La evidencia es aportada por la tafocenosis presente en ella, constituida por restos de foraminíferos, gasterópodos, ostrácodos, charófitas, etc. (Dangavs *et al.*, 1990), todo lo cual nos permite asignar estos depósitos (9,7 hm³) a un paleoambiente lacustre salado, de probable filiación marina.

UNIDAD 4: Los sedimentos lagunares superiores integran la última unidad litoestratigráfica y corresponden a las acumulaciones más recientes o "Aluvio", posteriores a la época de la Conquista española. Se trata de depósitos clásticos que ocupan todo el lecho lagunar y alcanzan una potencia de 1,3 m y totalizan un volumen de 5,8 hm³. Los sedimentos más gruesos de la unidad (gravas arenosas intraformacionales, arenas limosas y limos arenosos) se encuentran en la franja costera y los más finos (limos y fangos) en la zona central. También aparecen sedimentos finos en las áreas costeras, asociados al abrigo de bahías, vegetación emergente y al efecto de trampa del dique nivelador.

De esta manera, además del testimonio del ambiente actual, aparecen las acumulaciones de dos paleoambientes acuáticos; el inferior dulciacuícola (palustre), el superior mixohalino (lacustre-estuarico), de un depósito eólico (duna de arcilla) intercalado entre los paleoambientes mencionados, de tres episodios de lluvias de ceniza volcánica (no mencionados previamente), uno de ellos registrado en la base del nivel mixohalino y los otros dos en el lagunar actual y finalmente las del yeso alojado intrasedimentariamente en todos los depósitos previos al actual, que llega a constituir más del 40% de la masa de los mismos y a cuyo conjunto hemos denominado "depósito yesífero", en el sentido de Teruggi (1984), i. e. aquel que "contiene yeso en cantidad apreciable, pero subordinada.

EL DEPOSITO YESIFERO

Entre los sedimentos clásticos colmatantes de la laguna de Lobos, aparece una gran concentración de pequeños cristales discoidales de yeso (Foto 1), cuyo conjunto constituye un depósito terroso-arenoso de gipsita impura (en el sentido de Teruggi, op. cit.), donde salvo por unos pocos cristales de baritina (Foto 2), el yeso es la única sal del mismo. A este tipo de manifestación, Watson (1983) denomina "forma subsuperficial mesocristalina" de depósito o costra yesífera.

Este yeso se encuentra diseminado en forma intrasedimentaria entre las fangolitas palustres (Unidad 1) y mixohalinas (Unidad 3), entre los pellets de arcilla (Unidad 2) e incluso su presencia alcanza la parte superior de los materiales ensenadenses del piso de la cubeta. Su expresión lateral en los distintos niveles estratigráficos es constante y tiende a una distribución central en el cuerpo lagunar, prolongándose en dirección este en el lecho de la Cañada del Toro, donde desaparece cerca de su orilla oriental (Fig. 3).

En la cubeta Lobos, las acumulaciones yesíferas cubren un área de 3,22 km² con un espesor medio de 2,71 m, que totaliza 8,73 hm³ de sedimentos clásticos y químicos, calculados en base al mapa isopaco escala 1:10.000, que aparece reducido en el interior de la Fig. 2. El depósito presenta notables cambios de coloración en sentido vertical, siendo en la base y hasta el techo de la Unidad 1 gris a gris oscuro (10YR 4-6/1) y por encima gris claro (7,5Y 7/2) o amarillo pálido (5Y 7/2). La expresión textural del conjunto clástico evaporítico, en función de la nomenclatura de Folk (1954) abarca arenitas fangosas y fangolitas arenosas, todas ellas levemente endurecidas.

Esta acumulación es el remanente de una manifestación mucho mayor que se extendía por más de 6 km², pero que por efectos de fenómenos a largo plazo de corrosión cristalina, actuando de la periferia hacia el centro del depósito, ayudados por las texturas más gruesas de los sedimentos más externos de la cubeta (cf. Fig. 2) produjeron la paulatina retracción del mismo a su situación actual. La evidencia de estos hechos se encuentra en los sedimentos de la Unidad 3, donde se observa en casi todas las muestras del sector externo

de su área de distribución cristales de yeso, los que aumentan en cantidad a medida que nos desplazamos hacia el centro de la cubeta, sobre todo en los niveles más pelíticos. El límite del depósito yesífero se estableció en el sitio donde la concentración de yeso es dominante en la fracción arena.



FOTO 1 - Cristales discoidales de yeso de tamaño arena vistos en el microscopio binocular.

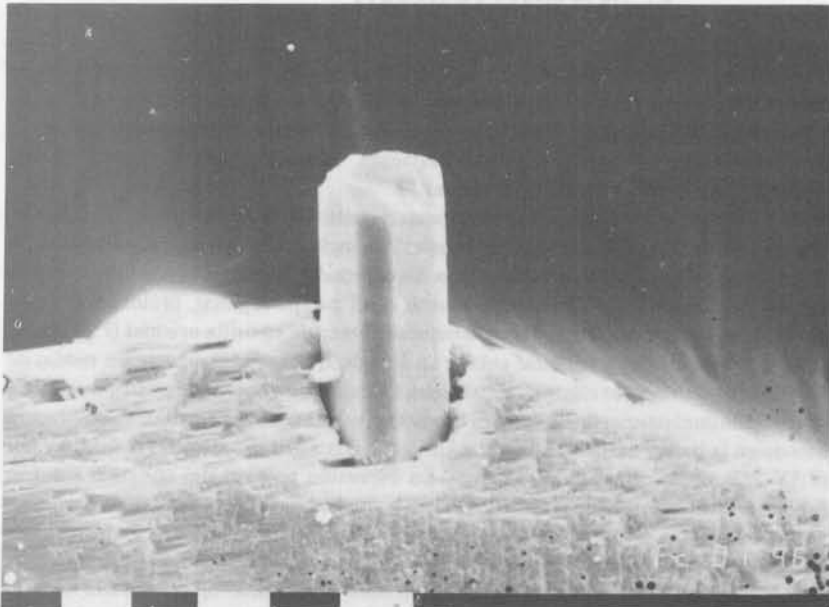


FOTO 2 - Cristal de baritina en yeso. (S.E.M.)

LOS CRISTALES DE YESO

El yeso visto en el microscopio binocular, se presenta en forma de cristales anahedrales a subedrales de hábito discoidal o lenticular, según el punto de vista del plano ab o el ac respectivamente y en cristales euhedrales prismáticos chatos de aspecto pseudohexagonal. Los individuos tipo discoide y sus restos fragmentados constituyen la amplia mayoría de las formas. En cualquiera de los hábitos presentes, aparecen frecuentes estrías que coinciden con el plano de clivaje perfecto (010), las que suelen estar rellenas. Las mismas son más desarrolladas en ocasión de procesos de disolución (Fotos 3 y 4).

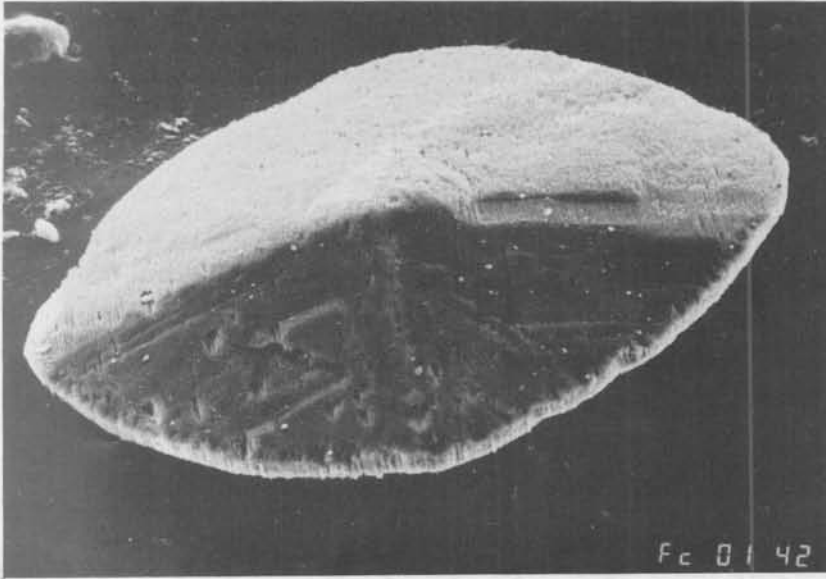


FOTO 3 - Cristal de yeso discoidal (plano ab). Combinación de las caras (111) con $(\bar{1}03)$ o $(\bar{1}02)$. Signos de disolución en las caras. Estrías en caras y bordes coincidentes con las líneas de clivaje perfecto (010). C/div. 100 μ , x 388 aumentos. (S.E.M.).

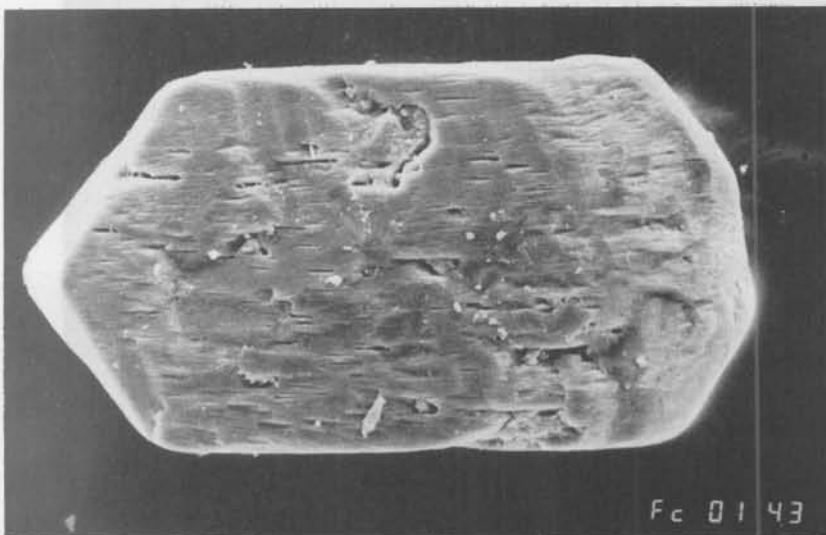


FOTO 4 - Cristal de yeso en prisma chato pseudohexagonal (011) y (111). Estrías y signos de disolución. C/div 100 μ , 267 aumentos. (S.E.M.).

Los cristales discoidales y prismáticos al exfoliarse dejan ver la cara de clivaje perfecto, caracterizada por el brillo vítreo, los reflejos nacarados y su singular forma de polígono diagonal elongado según el eje cristalográfico "a" (Foto 5). También es notable el crecimiento de dos individuos juntos en el mismo plano, a 90° y 180° . Cuando el intercrecimiento reúne a más de dos cristales se forman las típicas microrrosetas de crecimiento poiquilítico (Foto 6). Asimismo, son frecuentes las maclas parisina y gala en cola de pescado.

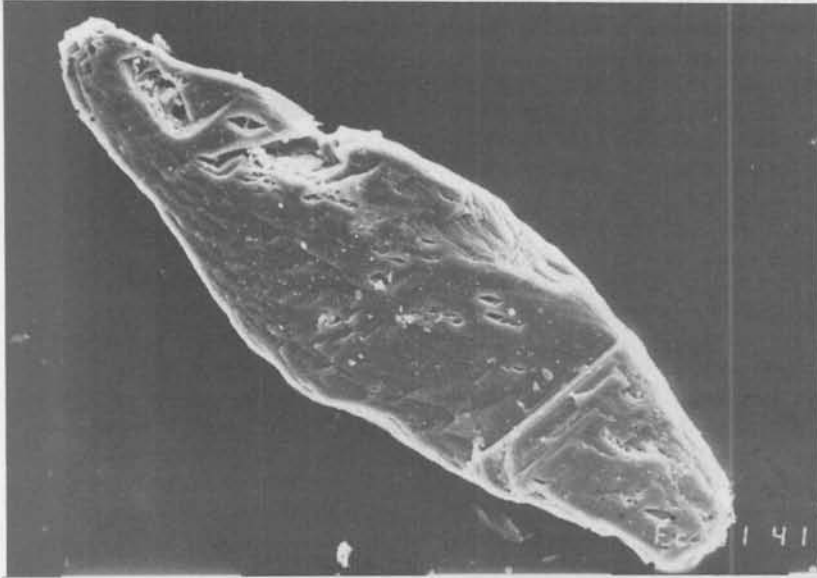


FOTO 5 - Cristal de yeso prismático diagonal elongado según el eje a. Cara de clivaje perfecto (010). C/div. 100μ , x 274 aumentos. (S.E.M.)

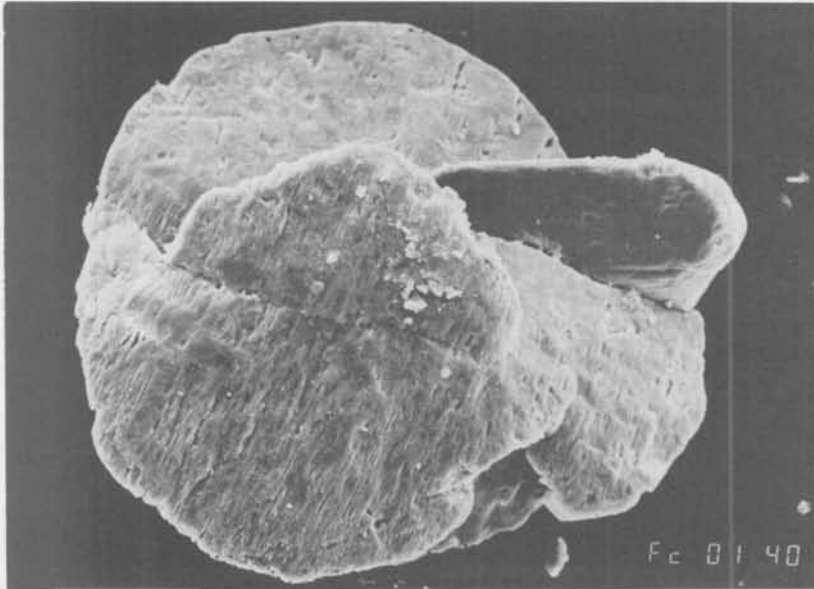


FOTO 6 - Grano de yeso en microrroseta. C/div. $100M\mu$, x 221 aumentos. (S.E.M.).

Los cristales en su mayoría son límpidos e incoloros, pero el paulatino incremento de inclusiones, tanto irregulares como orientadas y el relleno de estrías disminuye la traslucencia, tornándolos grises. También los hay opacos, de color blanco a casi negro. Los blancos se hallan como agregados sacaroidales en todos los niveles del depósito, mientras que los negros aparecen solamente en la parte inferior, correspondiente a la Unidad 1, en cristales individuales o maclados. De ellos, muchos se encuentran parcial o totalmente cubiertos por pátinas de sulfuro de hierro, las que le otorgan un brillo metálico tornasolado.

En muchos casos son evidentes los indicios de corrosión, la que se manifiesta por la pérdida de traslucencia, ampliación de las estrías, disminución del espesor de las "lentejas", las que algunas veces se adelgazan hasta parecer simples láminas, y por la presencia de bordes cristalinos festoneados y aserrados en forma de "diente de perro". Este fenómeno es más común hacia los límites laterales del depósito. También son frecuentes los recubrimientos de carbonato de calcio y sales de hierro. Incluso se observa crecimiento de cristales sobre y en las cámaras de conchillas de gasterópodos del género *Littoridina*. Excepcionalmente aparece yeso desarrollado alrededor de raíces.

Al microscopio petrográfico, se observa un fenómeno citado también por Masson (1955), consistente en una o más líneas oscuras de impurezas, que siguen un desarrollo armónico con los bordes del cristal, y que indican sucesivas etapas de crecimiento a partir de un cristal original, generalmente de tipo prismático pseudohexagonal. Además, es notorio que la gran mayoría de los ejemplares presentan impurezas hacia el interior, mientras que la zona de los bordes es más bien límpida. Este hecho lo relacionamos con el crecimiento en varias etapas, o bien, con fenómenos de disolución-recristalización y cambios en las condiciones ambientales de precipitación.

Cabe destacar que, el yeso alojado en la Unidad 1, presenta menores signos de corrosión que el de los otros niveles, formas más euhedrales y colores del gris al negro. Estos ejemplares, al microscopio binocular exhiben gran cantidad de material oscuro, rellenando estrías o tapizando al cristal. Por otra parte, el examen al microscopio electrónico permitió reconocer el desarrollo de sulfuro de hierro de textura framboidal a manera de pátina sobre la superficie de los mismos. Esta "pirita temprana", según Hudson (1982), representa un estadio previo a su formación, y corresponde a greigita formada a partir de un precipitado de monosulfuro de hierro, la que posteriormente y por sulfurización recristalizará en pirita. Esta textura peculiar, en forma de esferas en racimo, ha sido citada también por Vallentyne (1963) en sedimentos pelíticos lacustres y referida a la precipitación inicial de sulfuro de hierro, ante la presencia de abundante materia orgánica. En tanto, el relleno de las estrías se debe a materia orgánica, la que se eliminó fácilmente con agua oxigenada al 6%. Se descarta la existencia de óxidos de manganeso, ya que el análisis químico del material de dichos rellenos carece de ese elemento.

TAMAÑO Y ABUNDANCIA

El crecimiento intrasedimentario de los cristales de yeso, ha originado individuos de diverso tamaño en el seno del material hospedante, que por falta de una clasificación formal y por analogía con los límites granulométricos de los sedimentos clásticos, hemos dividido en tres categorías principales: mayores a 2 mm, entre 2 y 1/16 mm y menores a 1/16 mm de diámetro.

Los cristales mayores a 2 mm aparecen en algunas muestras y constituyen no más de 0,12%. Se encuentran representados por microrrosetas, agregados sacaroidales y maclas en cola de pescado. Los individuos equivalentes al tamaño arena son notablemente abundantes y alcanzan a conformar hasta el 90% de la fracción, no así el del depósito total, donde su porcentaje disminuye a valores entre 24 y 50%.

El estudio de detalle de la fracción 2-1/16 mm, ha permitido observar que los cristales equivalentes a la arena "muy fina" y "fina", son los más abundantes, con 70% a 84%, mientras que la "arena media" alcanza solamente entre el 13 y 18% y "la arena gruesa" y "muy gruesa" no superan en conjunto el 8% de la distribución porcentual.

La fracción menor a 1/16 mm del depósito yesífero fue ponderada por análisis químico de muestra total, previa separación de los tamaños mayores. Los resultados indican que hasta el 14% del tamaño menor a 0,063 mm corresponde a cristales de yeso.

De todo ello resulta el peso estimativo en toneladas de yeso (Tabla 1), habiéndose considerado la granulometría clásica e incidencia porcentual en el depósito yesífero, en función de las unidades representadas, los porcentajes de yeso correspondientes, los volúmenes de las unidades implicadas y el peso

específico standard del yeso. El resultado de mínima alcanzado es de 40,32% de yeso sobre el total del depósito (8,73 hm³), equivalente a un contenido en peso de este material de 8.166.300 toneladas.

TABLA 1- Peso estimativo en toneladas de yeso.

Depósito Yesífero en:	Textura según Folk (1954)	%Arena/Pelita en el depósito total	Contenido en % de Yeso >1/16mm-<1/16mm	% de Yeso en el depósito	Volumen Depósito hm ³	Tonelaje Yeso (tn) p.e.2,32
M I U N O I D A L D I N A	Arena					
	Fangosa	56,0-44,0	50,0-6,2	56,2	1,126	1.468.100
	Fango					
A R E N O S O	Arenoso	26,5-73,5	24,0-10,3	34,3	4,504	3.584.100
	Fango					
P A L L U S T R A D E	Fango					
	Arenoso	38,6-61,4	34,7-8,6	43,3	3,100	3.114.100
Totales					8,730	8.166.300

DISCUSION

Aspectos Generales:

Las acumulaciones yesíferas se producen en regiones (semi) áridas, donde la evaporación supera ampliamente la precipitación media (Watson, op. cit.) y hay fuentes de SO₄Ca disponibles. El yeso se presenta estratificado, en costras, eflorescencias y nódulos, en depósitos de cuerpos de agua periódicos, en vetas o diseminado, en dunas y como cristales aislados. Las fuentes del sulfato de calcio son diversas, pudiendo ser los depósitos preexistentes, la atmósfera, las aguas subterráneas y superficiales (continentales y marinas) y los procesos bioquímicos, asociados a la producción de SH₂.

La precipitación de yeso se produce en superficies de agua libre, por concentración evaporítica o en forma intersticial, por evaporación de agua subterránea descendente o ascendente, en zona vadosa, capilar y de saturación, en todos los casos suficientemente superficial.

En las superficies de agua libre, la precipitación se relaciona directamente con la concentración salina de la salmuera. En condiciones marinas de circulación normal, el primer precipitado que aparece es el CO₃Ca, seguido de SO₄Ca, cuando las condiciones de circulación son algo más restringidas y el volumen se reduce a solamente 19% del original (Braitsch, 1962). Sin embargo, en el caso de muchos lagos salados, el yeso es la primera sal en precipitar (Reeves, 1968), lo cual es referido por Eugster y Hardie (1975), a la evolución de una salmuera, a partir de agua poco bicarbonatada, en su fase temprana de concentración y en donde, la relación molar HCO₃/Mg+Ca fue inicialmente baja.

Por otra parte, en la precipitación intrasedimentaria de yeso, a partir de agua subterránea, no se requiere indefectiblemente altas concentraciones salinas, sino más bien fuerte evaporación y aguas ricas en SO₄ y Ca y relativamente pobres en ClNa y HCO₃. Al respecto, Schoeller (1962) señala que la pobreza en sí de HCO₃ es típica en las aguas ricas en sulfatos. Estas aguas a su vez, según Kulke (1974) pueden ser saturadas o subsaturadas en SO₄Ca; las subsaturadas precipitan en la zona de evaporación capilar y forman cristales pequeños, mayormente discoidales, las saturadas brindan cristales grandes de hábitos diversos y agregados en roseta y precipitan en la zona de saturación.

En el caso del Sahara argelino estas aguas son del tipo ClNa-Mg-Ca-SO₄ y los residuos sólidos de las mismas entre 3,5 y 10 g.l⁻¹ (Kulke, op. cit.).

Consideraciones:

Si bien la finalidad del trabajo, es dar a conocer la existencia y características del depósito yesífero, es insoslayable la importancia que muchos de los aspectos señalados en este trabajo, tienen en la diagnosis de la formación de los mismos. En este sentido, la mayoría de los estudios de sedimentos evaporíticos, han procurado dilucidar las características paleoambientales de la precipitación de los cristales, (precipitación subáerea en cuerpos de agua someros, profundos o subáerea), a partir del análisis de algunos aspectos discriminatorios, tales como la composición mineralógica de las sales, las asociaciones de precipitados químicos, los tipos cristalográficos, los tipos de yacimientos, etc.

Sin embargo, no podemos dejar de señalar la dificultad de evaluar una manifestación de esta naturaleza, ya que las condiciones actuales son muy diferentes a las genéticas; además, los procesos de disolución y recristalización o cristalización en etapas, característicos de los depósitos evaporíticos, dificultan el estudio de los mecanismos de crecimiento cristalino.

El depósito yesífero de Lobos, disperso en fangolitas, no presenta ni estratificación ni laminación. Al respecto, Watson (op. cit., 1983), diferencia claramente las acumulaciones yesíferas no laminadas (sueltas, en costras superficiales y subsuperficiales) de las laminadas y con estratificación gradada del yeso. Las costras laminadas, las considera originadas en cuerpos de agua poco profundos, mientras que las otras, las asigna a procesos genéticos diversos, desde la acreción en el nivel freático hasta los yesos pedogenéticos, situados en interfluvios de marcadas pendientes.

Según Hardie (1968) y Handford (1982), el yeso disperso no laminado, permite relacionar la facies evaporítica, con la evaporación capilar de una solución saturada subsuperficial. De esta manera, la ausencia de laminación, la gran cantidad de material englobado (crecimiento poiquilítico) y las formas subhedrales predominantes, avalarían el crecimiento intrasedimentario propuesto para el depósito yesífero de Lobos.

En cuanto a la forma cristalina, la gran mayoría de los autores están de acuerdo que, la recristalización diagenética del yeso, le confiere apariencia granular poligonal, no así, respecto al origen del hábito discoidal biconvexo (lenticular). Algunos consideran que esta forma, muy común en la naturaleza actual, se genera por la evaporación de soluciones concentradas (Bertrand y Jelisejeff, 1974; Cody, 1979; Watson, 1985). En tanto, para West (1979), ésta representa la forma cristalina primaria en ambientes de sabka. Bertrand y Jelisejeff (op. cit.) refieren las mismas a la zona de evaporación capilar y a la intramareal, sin un nivel freático permanente. Un criterio semejante es sustentado por Warren (1982), quién refiere la forma discoidal a la precipitación en zona vadosa esquizohalina estacional. Por otra parte, para Masson (1955) y Edinger (1973), el hábito lenticular podría estar influenciado por los altos valores de $ClNa$ de la solución, donde la adsorción de iones Na en la cara (111) sería la causante del retardo en el crecimiento, a expensas de la cara $(\bar{1}02)$. En tanto, Cody (op. cit.) desestima todo lo señalado y reproduce el hábito discoidal en laboratorio, utilizando soluciones sobresaturadas de SO_4Ca en medio alcalino, en presencia de materia orgánica disuelta, resultante de la descomposición de plantas verdes. En estas condiciones, dicho autor considera que, el tipo de sedimento y la temperatura de la solución dejan de ser relevantes, y que, el crecimiento se realiza selectivamente en determinadas direcciones. Así, en la del eje "c", el desarrollo es mucho menor que en las otras. Este hecho, finalmente favorece el crecimiento preferencial perpendicular a las formas (010) y (110), que junto a la peculiar curvatura resultante de la asociación de las caras (111) y $(\bar{1}02)$, determina el hábito descripto. Por otra parte, Warren (op. cit.) interpreta las caras curvas del cristal discoidal como caras de disolución.

En nuestro caso, el hábito discoidal (desarrollo preferencial del cristal en el plano ab) y los agregados en microrroseta son relacionados con evaporación capilar del agua subterránea; no se descarta además, la posible influencia de pH alcalino y de abundante materia orgánica en el medio, en momentos de la precipitación.

Por otra parte, el tamaño alcanzado por los individuos cristalinos, así como la cantidad de inclusiones, se relaciona con la velocidad de crecimiento y la concentración. Así, el desarrollo rápido generará cristales pequeños, con abundante material englobado, el que no pudo ser desplazado hacia el exterior y viceversa. Warren (op. cit.) y Kastner (1970), entre otros, destacan la relación de la velocidad de crecimiento y los cambios en la concentración salina del líquido intersticial. A su vez, para Bertrand y Jelisejeff (op. cit.) la "cristalización sucia" se relaciona con la evaporación capilar, mientras que la de los cristales trapezoidales tabulares y prismáticos límpidos, con la zona de saturación del acuífero.

En nuestro estudio, podemos señalar que son discernibles diversos episodios de crecimiento, los que han diferido en velocidad, de acuerdo a probables cambios de salinidad, hayan sido éstos paulatinos y moderados o bruscos, pero en general, los mismos estarían indicando inestabilidad del ambiente, con cambios

relativamente rápidos de concentración salina.

En cuanto a la existencia de formas euhedrales prismáticas como cristales originales, sobre los cuales continúan los crecimientos en formas subhedrales discoidales, es de destacar, que las mismas, fueron ya descriptas por Masson (op. cit.) y están referidas a cambios hidrológicos en el propio ambiente.

Por otra parte, la asociación de restos biológicos dulciacuícolas y mixohalinos, el crecimiento en varias etapas de los cristales, y el significativo espesor del depósito, permiten considerar la alternancia de períodos áridos-húmedos o de agua dulce-salada, determinando el paulatino crecimiento agradacional del depósito salino en sentido vertical, dentro de las acumulaciones clásticas resultantes de la colmatación progresiva de la cuenca.

La porción inferior del depósito presenta características particulares respecto de la superior, con mayor abundancia de materia orgánica, menores signos de corrosión y desarrollo de piritita framboidal, lo que indicaría que esta porción, se mantuvo durante las diferentes etapas evolutivas de la cuenca en condiciones geoquímicas estables, por debajo de la línea de $Eh=0$, no así la superior, que presenta facies de disolución. Este fenómeno físico-químico, presente tanto en la zona vadosa como en la saturada, está ligado a las condiciones de inestabilidad y desequilibrio generado por el clima húmedo actual.

Otras manifestaciones de yeso de este tipo, reconocidas en la cuenca del río Salado, además de las de Lobos, Las Barrancas y Del Siasgo, presentan idénticas características, lo que sugiere un origen común de las mismas. Estos depósitos, se encuentran ligados a una cubeta que los aloja y a paleoambientes mixohalinos de filiación marina. En el caso de la laguna Las Barrancas, citado por Teruggi *et al* (op. cit.), el yeso se encuentra además en un depósito clástico, acumulado en un montículo de 15 m de altura. En todas las manifestaciones, de la cuenca del río Salado, la absoluta mayoría de los cristales de yeso son de tamaño arena y el hábito discooidal, con una minoría de formas primáticas. También son frecuentes en los tamaños mayores las microrrosetas y los agregados sacaroidales. Por otra parte, las rosetas de yeso, algunas con más de 0,20 m de diámetro, no aparecen en los lechos de las antiguas lagunas, sino solamente en cauces y barrancas de arroyos y en el río Salado.

La característica de todos estos yesos es la ausencia de laminación u otro tipo de estructura, manifestándose exclusivamente como disperso, intrasedimentario. También aparece yeso estratificado en la cuenca del Salado, con potencias de hasta 0,25 m (región de Pila), pero sin relaciones ambientales con el material estudiado. Asimismo, cabe destacar que en todas las acumulaciones de cubeta, resulta la única sal soluble de la misma, donde además, nunca se ha observado una facies carbonática asociada. Por otra parte, en todos los depósitos, aparece en mayor o menor grado facies de disolución. Sin embargo, dicho proceso, no siempre ha sido totalmente eficaz, sobre todo cuando la acumulación yesífera se encuentra protegida, por una cubierta de sedimentos lagunares actuales.

CONCLUSIONES

Se concluye que el depósito yesífero intrasedimentario alojado en las acumulaciones clásticas de la cubeta lagunar Lobos puede definirse como gipsita impura, relacionada con el ascenso de aguas subterráneas sulfatadas, que actuaron como soluciones salinas en el nivel de evaporación capilar del lecho lagunar, con la concurrencia de fuerte evaporación, durante etapas de aridez de la región en el Holoceno, donde se favoreció la precipitación de yeso.

Muchos aspectos genéticos aún no pueden ser respondidos con certeza, sobre todo, lo que se refiere al origen de las aguas sulfatadas. Cabe la duda, si éstas provienen de depósitos preexistentes o están relacionadas con la ingresión marina holocena. A favor de esta última, tenemos la constante asociación del yeso con paleoambientes acuáticos y sedimentos portadores de una tafocenosis mixohalina de aboengo marino, aunque tampoco se descarta que dichos organismos podrían haber sido propagados por aves marinas. También es de considerar, la presencia e interacción con la cubeta lagunar de aguas salobres mesohalinas, cuyas relaciones iónicas, indican cierta contaminación con agua de mar y podría corresponder al tipo de agua madre del depósito yesífero. Por otra parte, aunque pensamos que podría deberse al efecto "per ascensum" de agua subterránea, no hemos podido demostrar los mecanismos de concentración yesífera en el paleoambiente palustre.

En fin, se confía que con el progreso de las investigaciones se podrá ofrecer un esquema interpretativo que expliquen estas y otras dudas aún presentes.

BIBLIOGRAFIA

- ANGELELLI, V.; VILLA, J. y SURIANO, J., 1973. Recursos minerales y rocas de aplicación de la provincia de Buenos Aires. *Anales Lemit*, Ser. II, 235. La Plata.
- BERTRAND, J. y JELISEJEFF, A., 1974. Formation d'évaporites par des processus d'évaporation capillaire. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam* (2), XVI (2): 161-170.
- BRAITTSCH, O., 1962. Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten. Springer Verlag. Berlín. 232p.
- CODY, R., 1979. Lenticular gypsum: occurrence in nature and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formation. *Jour. Sed. Petr.* 49 (3): 1015-1028.
- DANGAVS, N., 1979. Presencia de dunas de arcilla fósiles en la Pampa Deprimida. *Asoc. Geol. Arg. Rev.* 34 (1): 31-35.
- DANGAVS, N. y MERLO, D., 1980. Recursos acuáticos superficiales del partido de General Paz, Provincia de Buenos Aires. 83. p, 5 tabl., 23 fig. Ministerio de Economía. La Plata.
- DANGAVS, N; BLASI, A.; MORMENEO, L.; GAILLARD, M. y BURAKOWSKY, R., 1990. Estudio geológico de la laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires. 96 p. 10 tabl., 27. fig. Ministerio de Asuntos Agrarios y Pesca. Dirección de Conservación de Ambientes Naturales. La Plata.
- EDINGER, S. E., 1973. The growth of gypsum. An investigation of the factors which affect the size and growth rates of the habit faces of gypsum. *Jour. Crystal Growth* 18: 217-224.
- EUGSTER, H. y HARDIE, L., 1975. Sedimentation in an ancient playa lake complex. *Bull. Geol. Soc. Am.* 86: 319-334.
- FIDALGO, F., 1983. Algunas características de los sedimentos superficiales en la cuenca del Salado y en la Pampa ondulada. *Coloc. Intern. Hidrol. Grandes Llanuras, Olavarría. CONAPI, UNESCO. Act. II: 1043-1067.* Buenos Aires.
- FOLK, R., 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Jour. Geol.* 62 (4): 344-359.
- FRENGUELLI, J., 1957. Neozoico. En: *Geografía de la República Argentina, GAEA 2, 3º parte: 1-113.* Buenos Aires.
- HANDFORD, C., 1982. Sedimentology and evaporite genesis in Holocene continental sabkha playa basin-Bristol Dry Lake, Cal. *Sedimentol.* 29: 239-253.
- HARDIE, L., 1968. The origin of Recent non-marine evaporite deposits of Saline Valley, Inyo County, Cal., *Geochem. et Cosmochem. Acta* 32 (12): 1279-1301.
- HUDSON, J., 1982. Pyrite in ammonite-bearing shales from the Jurassic of England and Germany. *Sedimentol.* 29 (5): 639-667.
- KASTNER, M., 1970. An inclusion hourglass pattern in synthetic gypsum, *Am. Mineral.* 55: 2128-2130.
- KULKE, H., 1974. Zur Geologie und Mineralogie der Kalk und Gipskrusten Algeriens. *Geol. Rundschau* 63 (3): 970-998.
- MASSON, P., 1955. An occurrence of gypsum in Southwest Texas. *Jour. Sed. Petrol.* 25 (1): 72-77.
- MAUCHA, R., 1932. Hydrochemische Methoden in der Limnologie. *Die Binnengewässer* 12: 1-173. Stuttgart.
- MÜLLER, G.; IRION, G. y FÖRSTNER, V., 1972. Formation and diagenesis of inorganic Ca-Mg carbonates in lacustrine environment. *Naturwissenschaften* 59: 158-164.
- REEVES, C., 1968. Introduction to Paleolimnology. *Developments in Sedimentology* 11. Elsevier, Amsterdam. 228p.
- SCHOELLER, H., 1962. *Les eaux souterraines.* Masson et. Cié. París.
- STONE, R., 1920. Gypsum deposits of the United States. *U. S. Geol. Surv. Bull.* 697, 326p.
- TERUGGI, M., 1984. *Diccionario sedimentológico. Vol. II: Rocas aclásticas y suelos.* Ed. Cientif. Arg. Librart (ECAL), 131p. Buenos Aires.
- TERUGGI, M.; DALLA SALDA, L. y DANGAVS, N., 1974. La presencia de yeso en la laguna Las Barrancas, Provincia de Buenos Aires. *An. Lemit. Ser. II*, 267. La Plata.
- VALLENTYNE, J., 1963. Isolation of pyrite spherules from recent sediments. *Limnol. Oceanogr.* 8: 16-30.
- WARREN, J., 1982. The hydrological setting, occurrence and significance of gypsum in late Quaternary salt lakes in South Australia. *Sedimentology* 29 (5): 609-639.
- WATSON, A., 1983. Gypsum crusts. In: Goudie, A. S. et K. Pye: *Chemical sediments and Geomorphology* Cap. 5: 133-161. Academic. Press. London.

WATSON, A., 1985. Structure, chemistry and origins of gypsum crust in southern Tunisia and the central Namib Desert. *Sedimentology*. 32:855-875.

WEST, J. M., 1979. Revue of evaporite diagenesis in the Purbeck Formation of Southern England. *Symp. Sedim. Jun. Européen. A. S. F. Publ. Sp. 1*: 407-416.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a los Doctores Mario E. Teruggi y Luis A. Spalletti por la lectura crítica del manuscrito y las valiosas sugerencias aportadas, a la Lic. María L. Mormeneo por los análisis texturales de sedimentos clásticos efectuados y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires por el apoyo recibido, mediante subsidio concedido, para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente se desea destacar que los autores son los únicos responsables de las opiniones y conclusiones vertidas "ad hoc".

Manuscrito recibido el 22 de noviembre de 1991