

EFLORESCENCIAS SULFATADAS EN FORMACIONES TERCIARIAS Y CUARTARIAS DE LA PROVINCIA DE TUCUMAN

por JUAN C. PORTO

ABSTRACT

Sulphated efflorescences in the tertiary and cuartary formations Tucumán. — The formation of these sulphated salts results from the interactions that take place among interstratified salts or at least as a cement in sedimentites, during a process operated by the dissolution of the same and its later stage of evaporation in a low percentage of damp air environment.

The original evaporites, mainly gypsum and halite, show an alkaline lacunar environment in an intermitent development during its continental fluvial deposition.

Presumably because of the special way they were formed, such salts did not reach the character of important deposits, as to justify their commercial exploitation.

INTRODUCCION

La presencia de sulfatos alcalinos en estratos de edad terciaria y cuartárica, es conocida desde hace mucho tiempo, especialmente en las localidades de Vipos, Siambón y El Timbó.

En efecto, las referencias de vertientes, generalmente frías, con un contenido salino, tienen data desde los viajes de Stelzner (1885) quien señala las del Siambón y El Timbó, analizadas químicamente por Schickendantz (1882). Harperath (1887) da a conocer la composición de la vertiente del Alto de las Salinas, extremo austral de la sierra de Medina. Lillo (1909) estudia las salmueras del Cajón del Cadillal, localidad cercana a la anteriormente mencionada. Díaz (1920) ratifica la determina-

ción de mirabilia en Vipos que Schickendantz detalla composicionalmente. En 1921 Stappenbeck analiza las surgencias salinas de El Timbó. En 1932 Peirano describe las formaciones salinas en el valle de Amaicha haciendo especial referencia al elevado contenido de sulfato alcalino; tema que más adelante extiende Villarreal, 1938, sobre todo acentuando el efecto desfavorable que tiene en la salud de los pobladores de esa región y también de otras comarcas del noroeste. Manoff (1939) realiza un detallado estudio de las aguas salitrosas del río Salí como la influencia en el riego de cultivos. En el año 1943 Peirano se ocupa de los mantos de sal gema aflorantes en el valle de Santa María (Salinas de los Reales) que los pobladores extraen temporariamente. A partir del año 1948 Dessanti y Piscione llevan a cabo un amplio y fundamental trabajo de asesoramiento a pedido de la firma industrial de El Timbó, para la explotación de la sal común; posteriormente por medio de dicho establecimiento se efectúan otros estudios geológicos.

Desde el punto de vista general, existen distintas áreas de eflorescencias salinas y que cubren superficialmente amplias fracciones de terreno de la provincia. Si se tiene en cuenta lo señalado precedentemente, la presencia de estas manifestaciones en el terreno, afectan en algunos casos negativamente, como las labores agrícolas, la construcción, como asimismo pueden servir para aplicaciones industriales. Es por lo tanto conveniente intentar un ordenamiento desde un propósito mineralógico regional, las distintas eflorescencias salinas (fig. 1).

CONSIDERACIONES GENERALES DE LAS EFLORESCENCIAS

Las procedentes de niveles terciáricos abarcan principalmente el sector noreste y noroeste incluidos los valles occidentales de Amaicha y Santa María. Por lo tanto en el sector noreste del valle del río Salí se encuentra el área de El Timbó cercana a la margen derecha de dicho río. En el área, las perforaciones cercanas a los 100 m de profundidad han permitido demarcar niveles salinos, de sal gema, que se presentan interestratificados en la Formación India Muerta del Terciárico Superior. En la margen opuesta del río Salí, se demarca otra área entre Tapia y Vipos, en cuyo relieve de lomadas, predominan las entidades Formación Río Salí y Formación India Muerta; aquélla se extiende algo más al sur, al

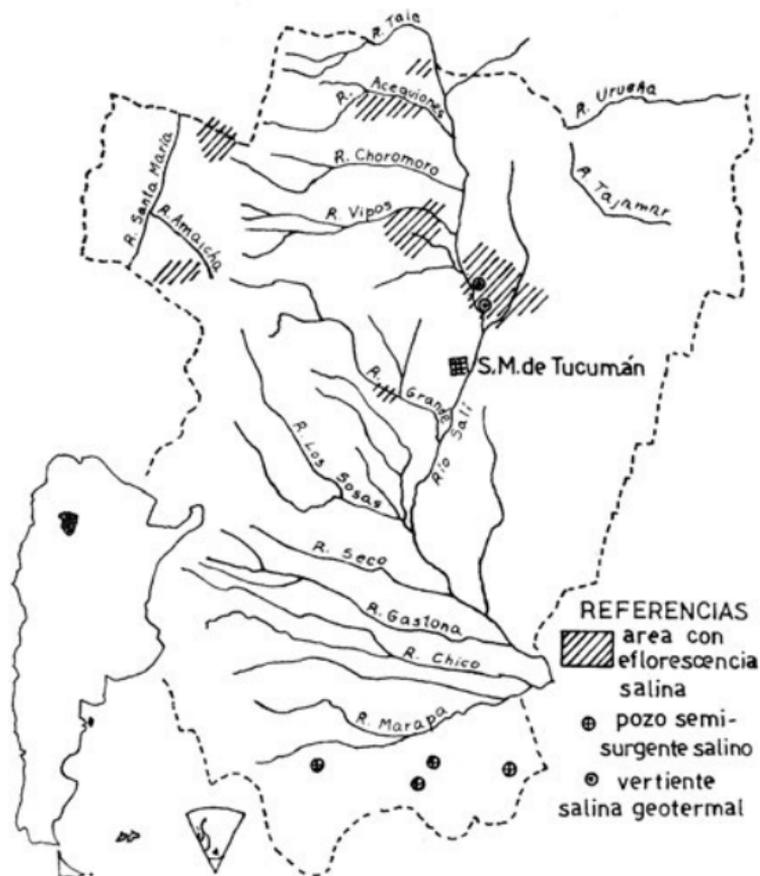


Fig.1-Plano de ubicación y de áreas con eflorescencias salinas de la provincia de Tucumán

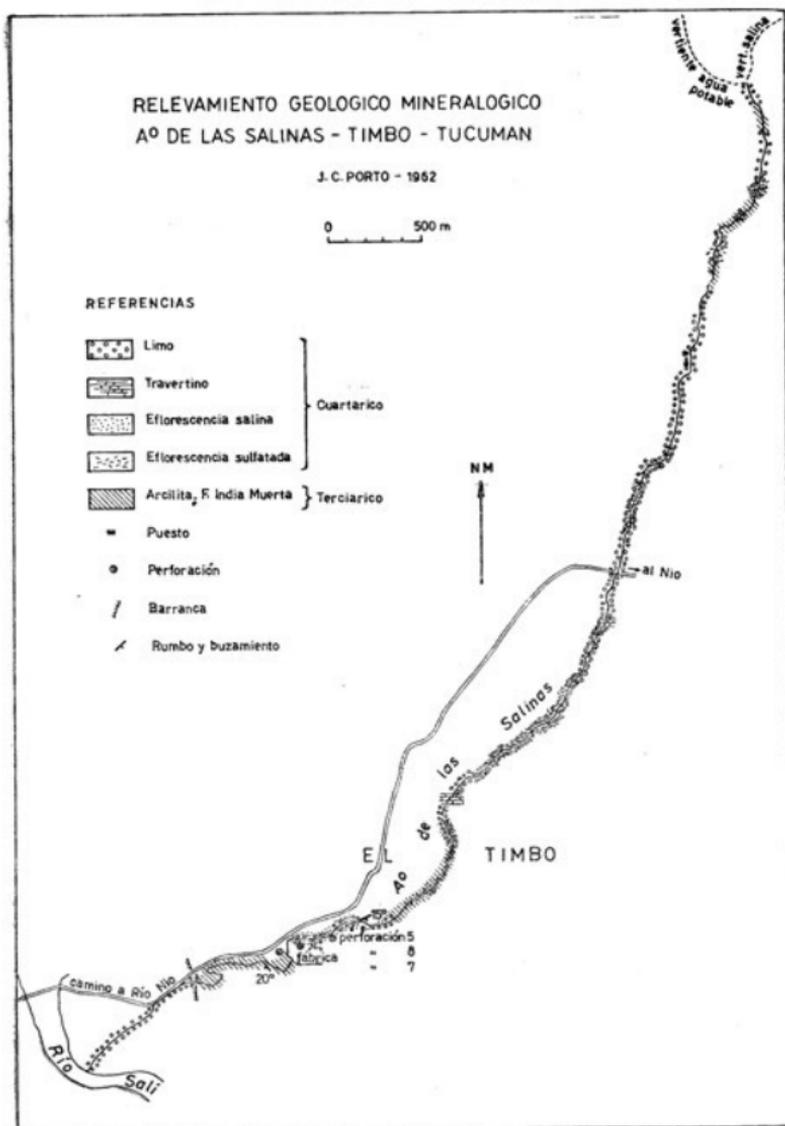
valle del Siambón, donde aparecen también esas entidades estratigráficas hasta por lo menos la sección inferior de la Formación India Muerta.

En los valles occidentales, Amaicha y Santa María, las acumulaciones salinas cubren una extensa zona meridional, desde el extremo noroccidental del valle de Amaicha, las salinas homónimas, al valle de Santa María donde se han señalado niveles de sal gema estratificada en el Grupo Santa María del Terciario Superior.

Las eflorescencias procedentes de los depósitos cuartáricos se originan en napas de tipo semisurgentes que suelen afluir a temperatura superior a la normal, en promedio, de una decena de grados centígrados; o bien en el caso del sector sureste de la provincia donde se acentúa la surgencia geotérmica entre Monteagudo y Taco Ralo limítrofe de Las Termas de la provincia de Santiago del Estero, que guarda similitudes con la estudiada por Moreno Espelta y otros (1975) en Rosario de la Frontera.

Hacia el ángulo noreste de la provincia se manifiestan eflorescencias salinas cuya depositación superficial más acentuada está en la localidad de Leocadio Paz (Trancas).

La presencia de las eflorescencias está ligada muy estrechamente al período estacional más seco anual, que posteriormente al incrementarse las precipitaciones pluviales y debido a la elevada solubilidad de las sales precipitadas, se disuelven en gran proporción en las aguas del estío, produciendo su inestabilidad circunstancial y eventualmente su emigración al ciclo fluvial. Estas condiciones se repiten anualmente entre los intervalos señalados, en un proceso autóctono, en las sedimentitas a las que están asociadas con las evaporitas. Las evaporitas interestratificadas en el complejo sedimentario terciario han alcanzado una extensión aproximadamente central en la depresión cuencal, ya que hacia los ángulos más orientales los niveles yesosos desaparecen, siendo aún más restringido el de la formación de halita. Esta secuencia que comienza con algunos bancos calcáreos alternando o no con los de yeso macizo pertenecen a la entidad inferior o Formación Río Salí; mientras que los bancos de halita forman parte de la sección inferior de la Formación India Muerta a la que parece pertenecer únicamente. Junto a los bancos y lentes compactos de las evaporitas señaladas se distribuyen dispersamente halita integrando el relleno de los espacios de las sedimentitas en carácter de cemento y también asociada al yeso macizo en diferentes proporciones. Los niveles de sal gema interestratificados en la parte orien-



tal de la provincia se limitan a los localizados en El Timbó; en la parte occidental se presenta en algunas entidades del Grupo Santa María, como en la Formación Andalhuala (Ruiz Huidobro 1972); en dicho Grupo los niveles yesosos son de poca frecuencia y poco espesor. Es común encontrar diferentes tipos de yeso como el satinado, fibroso, selenítico y alabastrino, que por su origen secundario se presentan en rellenos de venillas en las fracturas de las rocas y según distintas direcciones. La Formación Saladillo contiene algunos delgados niveles de yeso alabastro, cerca de Los Zuritas, en Amaicha (Porto, 1971), que corresponden a depósitos interestratificados. Asociada a las masas de yeso y de sal gema se encuentran sales sulfatadas anhidras y o hidratadas, como producto de las reacciones de aquellas bajo el proceso de disolución de las corrientes hídricas ascendentes frías y/o templadas; originan por lo tanto al cristalizar por evaporación especies minerales como mirabilita entre las más comunes, en finas agujas en las oquedades y la forma anhidra por eflorescencia de la anterior en la superficie del terreno en forma pulverulenta blanquecina, proceso que tiene lugar secundariamente tanto en afloramientos terciarios como cuartarios.

Las observaciones anteriores se pueden resumir en el siguiente cuadro:

I. Evaporitas terciarias

1. interestratificadas

halita

yeso macizo, alabastro

caliza tipo oolítico.

2. diseminadas

halita

yeso secundario, alabastro.

II. Concentraciones y eflorescencias cuartarias

3. salinas

4. salobrales

5. aguas ascendentes semisurgentes geotermomineralizadas.

GEOLOGIA

Considerando los rasgos generales de la constitución geológica de la provincia de Tucumán se puede bosquejar el siguiente ordenamiento: a) basamento metamórfico con metamorfitas variando desde pizarras a esquistos gnesoides, escalonados en bloques con una superficie peneplanizada; son el asiento de un complejo sedimentario constituido por lo siguiente: b) complejo mesozoico-terciario discordante al basamento, y c) acumulaciones pleistoceno-holocénicas en discordancia sobre el anterior complejo; asomos muy reducidos de estratos del paleozoico inferior en relación discordante se localizan en la parte noreste de la provincia. Este ordenamiento puede considerarse estratigráficamente constante pero con las variaciones litológicas que son típicas en la provincia y cuyos espesores van regresivamente allanándose en una diagonal NE-SO de la provincia; el sector suroriental se encuentra llanurizado y con predominio de los sedimentos cuartáricos que cubren alrededor del 60 % de la superficie total.

En el cuadro estratigráfico adjunto se han incluido las nomenclaturas actualmente empleadas en la estratigrafía tucumana, sin incluir el extremo sur de la misma.

TERCIARIO SUPERIOR

Formación Río Salí (Ruiz Huidobro 1960) (Bossi 1969), litológicamente constituida por una sucesión predominante de limolitas color pardo algo rojizo, en la que se intercalan niveles basales de calizas oolíticas y yeso macizo, que van disminuyendo gradualmente hacia el techo del complejo donde predominan arcilitas verdosas u otras tonalidades claras alternantes; presenta estructura bancosa y de general compacidad; su extensión areal ocupa el norte y noreste de la provincia.

Los niveles de yeso macizo casi nunca son puros, sino mezclados mecánicamente a partes arcilíticas, sal gema difundida y yeso tipo alabastro, en bancos continuos y de variable espesor. El tipo alabastrino se asocia frecuentemente al macizo, tiene características de granular fino blanquecino a rosado, que forma niveles por sí solo de manera circunstancial con espesores reducidos y más bien discontinuos o lentiformes; generalmente produce estructura de reemplazo en los niveles del tipo

EDAD	UNIDADES						
	NORTE			OESTE			
	TUCUMAN		TUCUMAN	TUCUMAN		TUCUMAN	
CENZOICO	CUATRICARIO	BOSSI 1969	MON 1971	PORTO-DANIELI 1974	BONAPARTE-1974 BOBONIKOV	RUIZ HUIDOBRO 1972 FERRERO-MON 1973	BOSSI 1975
	PLEISTOC.	F. TICUCHO	Q0 Q1 Q2 Q3 Q4	NIVEL IV NIVEL III NIVEL II NIVEL I	F TUCUMAN	F LA MESADA F LAS SALINAS F CASPINCHANGO F LAS MOJARRAS	"Erandage" y terrazas de acumulación arenosa cono aluviales, terrazas de acumulación limo arenosa y glacia de "erandage"
TERCIARIO	MIO-PLIOCENO	F INDIA MUERTA		F ACEQUIONES		F ZANJA d. MOLLE F LOS CORRALES F YASYMAYO F ANDALHUALA F LAS ARCAS F LORO HUASI F SAN JOSE F SALADILLO	disc F YASYMAYO F ANDALHUALA F LOS CORRALES F LORO HUASI F LAS ARCAS F SAN JOSE
	EOCENO	F RIO SALI	F NIO	SUBGR. F. LUMBRERA F. MAIZ GORDO SUBGR. BALBUENA F. YACORAITE		F YACOMISQUI	
MESOZOICO	CRETACICO SUPERIOR	F RIO LORO		SUBGR. F. LOS BLANQUITOS PIRUA F. LA YESERA		F LAS CAÑAS	
		F EL CADILLAL	disc	GRUPO SALTA F CANDELARIA			
PALEOZOICO INF.							
PRECAMBRICO - CAMBRICO		F MEDINA		BASAMENTO METAMORFICO		PRECAMBRICO	

macizo y puede considerarse como una etapa tardía de la formación yesosa; suele definirse en formas concrecionales con núcleos de otros materiales sedimentarios que si son poco consistentes dejan un orificio o hueco central. Los ejemplos de observación relevante se dan en la margen izquierda del río Salí entre Tapia y Vipos. La presencia de la variedad fibrosa o satinada del yeso puede ser reconocida con frecuencia en la entidad; también se presenta el tipo selenítico; constituye venillas que rellenan en distintas direcciones los estratos; se asocia además a las vecindades de planos de fallas. Su procedencia secundaria abarca así distintas entidades como en el Subgrupo Santa Bárbara del Terciario inferior a Cretácico Superior.

La concentración de niveles yesosos interestratificados se confina al alto valle del río Salí tendiendo a su desaparición como en el sector noreste prácticamente sin niveles yesosos.

La presencia de estos niveles evaporíticos en el área demarcada permite considerar las condiciones ambientales que constituían el cuerpo acuífero al formarse los depósitos evaporíticos yesosos, con el carácter de lagunas alcalinas incipientes y temporarias cuyos aportes salinos provenían de las manifestaciones póstumas del vulcanismo eoterciario depositado y posteriormente trasportado.

El aporte de sal gema no alcanzó a niveles interestratificados y sólo se concentra en el carácter de cemento de distintos niveles de la parte inferior de la entidad; pero su presencia demuestra una tendencia a la alcalinidad del reservorio durante la depositación de la entidad suprayacente.

Formación India Muerta. (Bossi 1969) la componen dos secciones diferentes, la inferior típicamente arcilítica, la sección superior de alternancias areniscosas y conglomerádicas. En realidad corresponde a la parte cuspidal de la anterior entidad diferenciada mineralógicamente por el cambio del mineral illita a montmorillonita, desde el paquete arcilítico al que se le intercalan frecuentemente niveles tobáceos de cinerita blanquecina compacta en general. Los afloramientos son extensos pero la presencia de niveles de halita en mantos estratificados solamente lo han señalado las perforaciones cuyo estudio ha determinado dichos mantos (Dessanti y Piscione). Estos mantos se ubican en la sección inferior de la entidad de referencia, desconociéndose la extensión de estos realmente.

Las condiciones del ambiente lagunar alcalino que viene desarrollándose con temporalidad reducida se interrumpirá definitivamente en el

límite de las secciones inferior-superior de la entidad hasta fines del Terciárico.

CUARTARICO

Depósitos y acumulaciones holocénicas. Desde los cauces viejos de esa edad hasta las depresiones recientes, se descubren manifestaciones salinas de esos depósitos. En algunas áreas generalmente más extensas que las anteriormente descritas, su proceso superficial de eflorescencia se renueva permanentemente. Los ejemplos de mayor concentración se encuentran en los valles de Amaicha y Santa María, donde las vertientes salinas, geotérmicas a veces, y los depósitos superficiales demuestran un contenido bicarbonatado más elevado que las restantes afluencias; por ejemplo el "ojo termal de la confluencia del arroyo de los Corpitos y el río Amaicha" y en El Saladillo.

En la parte oriental de la provincia, se manifiestan vertientes geotérmicas, cercanas a las márgenes del río Salfí, El Timbó y Los Nogales; en la extremidad norte su extensión tiene algunas fracciones de mayor concentración, como en Leocadio Paz y al suroeste de esta localidad en el Portezuelo del Saladillo que cruza la ruta provincial n° 311 a San Pedro de Colalao.

La elevación térmica de las surgencias del sureste de la provincia ha permitido alcanzar en la disolución de estas aguas la mayor concentración sulfatada y bicarbonatada, asociada a la vez a la salinidad común de la mineralización geotermal en napas que pasan fácilmente la centena de metros de profundidad, según los registros de perforaciones existentes. En esta interesante área, todavía escasamente aprovechada en la balneación, los valores de radioactividad registrados en las aguas, pueden ser uno de los factores del origen geotérmico de las mismas.

Relevamiento geológico-mineralógico del arroyo de Las Salinas, El Timbó. En el tramo inicial, se encuentra la bifurcación de las dos vertientes, margen derecha de agua dulce y margen izquierda de agua salada; desde este sitio agua abajo hasta el cruce con el camino al Nío, el arroyo excavó su curso en un relieve bajo entre sierras, dominando un paisaje de lomadas con culminaciones de depósitos terrazados destruidos en gran parte erosivamente. El perfil en el tramo indicado es el siguiente:

Perfil 1

- suelo vegetal
- acarreo actual de playa de inundación
- limo gris oscuro de 1 a 1,50 m.
- ceniza volcánica en lente de 0,10 m.
- limo pardo claro en partes con eflorescencias salinas de 2,50 m.

En el manto lenticular de ceniza volcánica se encuentran rodaditos concrecionales de carbonato.

Tramo intermedio: el cauce se ahonda descubriendo otros niveles cuartáricos y en ciertas partes estratos terciáricos; las eflorescencias blanquecinas se acentúan y en relación al desnivel desde el punto inicial, de 55 m., el espesor del complejo cuartárico llega a los 12 m. El desarrollo del mismo, en el tramo donde los afloramientos cuartáricos desaparecen, es el siguiente:

Perfil 2

- suelo vegetal
- acarreo actual de inundación
- limo gris oscuro de 1 a 1,50 m.
- ceniza volcánica en lente delgada
- limo pardo claro
- travertino en manto de 0,50 m.
- limo pardo claro con delgados mantos travertínicos
- grava con rodados mayores como niveles intercalados en el limo pardo claro en lentes de reducido espesor.
- limo pardo rojizo con eflorescencias salinas predominantes
- discordancia
- arcilitas o limolitas terciáricas.

En la parte final del tramo las arcilitas verdosas tienen eflorescencias aciculares; se encuentra además asociado yeso sacaroide o fibroso de 0,60 m en hileras concordantes a la estratificación de las arcilitas; en

cambio, el yeso fibroso rellena las diaclasas y las fracturas. El limo pardo claro que intercala niveles de ceniza volcánica, travertino y grava, alcanza los 6 m de espesor.

La arcilita verdosa clara terciária, correspondiente a la parte inferior de la Formación India Muerta, presenta también capas yesosas del fibroso relleno los distintos planos de separación por venillas de 2 a 3 cm de espesor; a veces se presenta yeso típicamente alabastrino secundario; el limo contiene frecuentemente yeso en rosetas de tamaño entre 1 a 2 cm.

Tramo final: predominan los afloramientos terciários, siempre de la sección inferior de la misma entidad, donde son visibles algunos niveles de tobas cineríticas blanquecinas, compactas, con espesores no mayores de 0,5 m, intercalados en las arcilitas. Los niveles yesosos en los afloramientos finales indican otra fracción diferente de la columna terciária manifestada por las implicancias estructurales que pasan transversalmente al curso inferior del arroyo, a partir del emplazamiento de la base industrial y agua abajo.

MINERALOGIA DE LAS EFLORESCENCIAS SULFATADAS

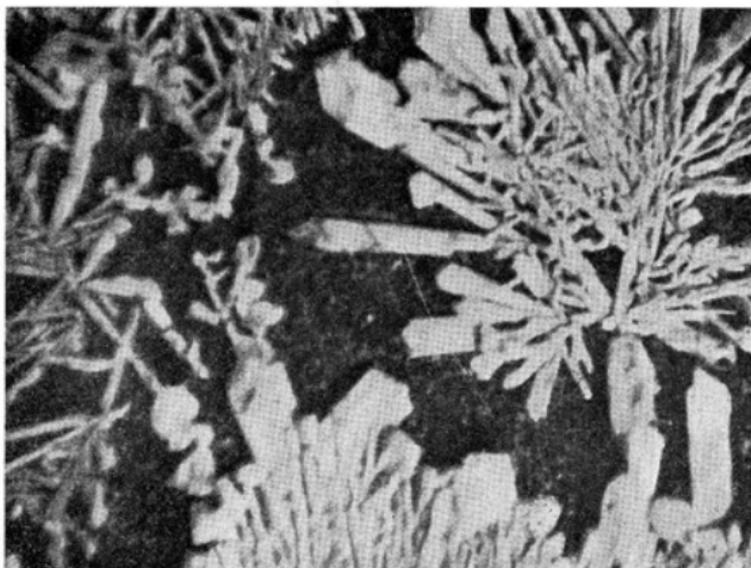
Las grietas entre las arcilitas y limolitas, que constituyen espacios libres para facilitar la cristalización de las sales sulfatadas, especialmente mirabilita, permiten el resguardo de estos agregados aciculares irregulares a radiados y que frecuentemente se observan, fibras tenues de unos 2 a 3 cm de longitud; en estas condiciones se conservan, con ambiente húmedo un mínimo, especialmente en los meses de sequía; finalmente los cristales se transforman en eflorescencia blanquecina superficial en los afloramientos de sedimentitas terciários, para cumplir el ciclo de la acción fluvial. Este aspecto tiene lugar cuando las oquedades se destruyen y los agregados quedan directamente a la acción del aire seco invernal. El desarrollo cristalográfico de las agujas muestra las formas pinacoidales y/o prismáticas, pero sus extremos son romos o aguzados sin caras definidas. Las manchas farináceas muestran un agregado irregular con una parte blanquecina y otra transparente e incolora, pero son visibles a la distancia por su coloración del resto de los afloramientos.

También en los terrenos limosos cuartários, especialmente en las barrancas con sombra persistente, se forman en un desarrollo semejante

agregados aciculares de los cristales con una longitud algo mayor por el espacio amplio de cristalización, ello ocurre también en el arroyo de las Salinas en El Timbó. Las concentraciones sulfatadas con acentuada humedad dan lugar a acumulaciones costras con un ligero color amarillento pardusco claro que pierde al secarse.

Por lo tanto, la presencia de sales sulfatadas en sedimentitas terciarias y cuartáricas, es común, pero por su origen no forma cantidades importantes. Aparentemente las especies minerales sulfatadas se limitan por ese proceso a mirabilita y las costras de agregación mecánica en las que según análisis de laboratorio intervienen otros elementos catiónicos como Ca, Mg, etc.; ello se logró al intentar reproducir posibles etapas de formación de minerales catiónicamente más complejos, no observables en estos afloramientos, por el pasaje a estado de eflorescencia.

Interreacciones en los mantos de evaporitas. De los ensayos realizados se consideran dos vías de solubilidad, a saber:

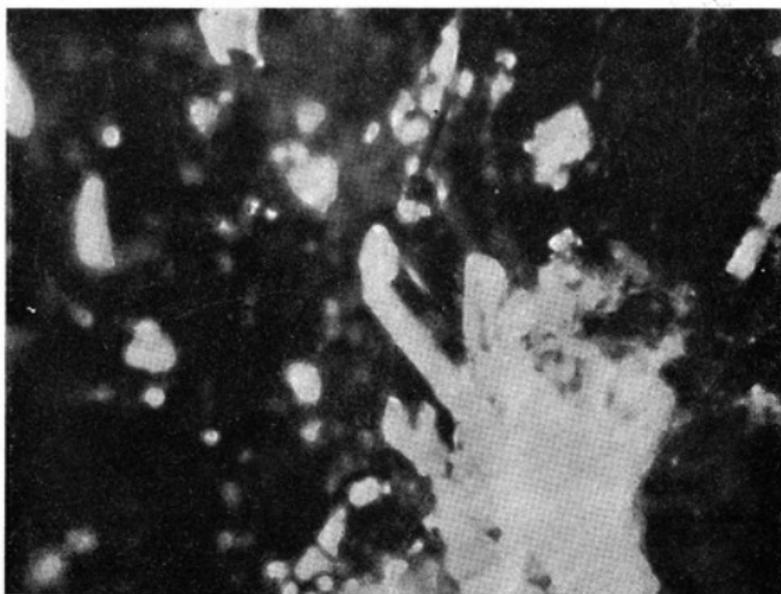


Fotografía 1. — Cristales monoclínicos de sulfato alcalino terreo, obtenido de las eflorescencias sulfatadas; aumento aprox. 30 X.

1) **Cristalización del sulfato de complejo catiónico:** solubilizando las eflorescencias terciáricas, en una salmuera concentrada, por evaporación a temperatura ambiente y aire seco, se obtienen cristales asociados irregularmente, de color blanquecino, con frecuente desarrollo esquelético, de combinación cristalográfica según los pinacoides (100) y (001) constituyendo ambos la elongación del eje intermedio b, completando en los extremos el pinacoide tipo prismático (101) interceptado en aristas o a veces con un microdesarrollo del pinacoide (010), foto 1.

La composición es la siguiente (análisis por W. G. Tell); Cl⁻ 6.49 %; SO₄⁻ 58.70 %; Ca⁺⁺ 5.10 %; Mg⁺⁺ 12.12 %; Na⁺ 9.06 %; K⁺ 0.89 %; H₂O 5.47 %.

Dicha composición puede considerarse común al contenido salino de los sedimentos, sin embargo las posibilidades de cristalizar distintas especies sulfatadas, como glauberita, epsomita, etc. no aparecen en el compuesto eflorescente. Un aspecto limitante puede consistir en el espacio necesario de cristalización y de saturación, al observar que en los cris-



Fotografía 2. — Microcristales de sulfato alcalino, obtenido de solución concentrada de evaporitas: yeso y halita; aumento aprox. 60 X

tales obtenidos su desarrollo es mejor cuando el tamaño alcanza longitudes mayores de 2 cm. La observación realizada indica que la estabilidad de los cristales se pierde por un aumento de humedad del aire, pasando a eflorescencia en un proceso irreversible.

2) Formación de sulfatos alcalinos de evaporitas terciarias; solubilizando una salmuera en 100 cc de agua de 10 gr de cristales de yeso pulverizado y 36 gr de sal gema, evaporando a la temperatura de 45°C constante; se forman en el fondo de una masa salina microcristales del tipo acicular, por lo general no asociados, sino aislados entre sí, transparentes y con la combinación cristalográfica de las agujas de la mirabilita encontrada en las oquedades (foto 2). Su formación corresponde a la etapa final de la evaporación que comienza con cubitos halíticos aislados entre sí. Por el tamaño y la escasa cantidad de finas agujas existentes en la cristalización, no puede alcanzar acúmulos mayores a los que se constatan en observaciones de campo.

Para cristalizar necesita el aporte del agua geotérmica interior, como un factor complementario en la interacción de los niveles de evaporitas; un factor igualmente importante en la cristalización es la presencia de una determinada proporción de la sal gema. Los sedimentos cuartáricos reciben fundamentalmente la salinidad por las aguas sulfatadas y bicarbonatadas desde niveles profundos, repitiéndose la cristalización de sales sulfatadas en los sedimentos. La persistencia de las formaciones salinas y sulfatadas se relaciona directamente a las corrientes hídricas subterráneas.

BIBLIOGRAFIA

- AHLFELD, F. y ANGELELLI, V. 1948. Las especies minerales de la República Argentina. Inst. de Geol. y Miner. Univ. nac. Tucumán. Publ. 458, Jujuy: 1-304.
- BOSSI, G. E. 1976. Reconsideración de la estratigrafía del valle de Santa María. I Congreso Geol. Mendoza. (En prensa).
- CORDINI, I. R. 1948. Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos de la República Argentina. I. Sulfateras Dep. Gen. Lavalle (Mendoza).-Revta. Soc. geol. argent. 3, 3: 145-200.
- CORTELEZZI, C. R. y GARRICA, C. M. 1965. El sistema $\text{CaSO}_4\text{-Na}_2\text{SO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ y su relación con las glauberitas naturales.-Acta geol. lilloana 6: 41-53.
- DESSANTI, R. N. y PISCIONE, S. A. A. 1948. Informe preliminar sobre la geología de la zona de El Timbó (Tucumán). Inf. Dir. Nac. Geol. Min. B. Aires. (Inédito).
- DÍAZ, C. 1920. Yacimientos mineros de la provincia de Tucumán.-Inf. Dpto. Invest. Indust. Univ. nac. Tucumán, n° 11: 3-26.
- HARPERATH, L. 1887. Estudio sobre la composición química de sales de las salinas del interior de la R. Argentina.-Bohn Acad. nac. Cienc. Córdoba, 10: 427-441.

- KITTL, E. 1946. Un nuevo yacimiento de thenardita, ubicado en el cerro Blanco, Dpto. Iglesia prov. de San Juan.-Revta min. 17: 61-69.
- LECARPENTIER, C. 1970. Algunas características del cuaternario subandino.-Acta geol. lilloana 10, 13: 279-298.
- LILLO, M. 1909. Análisis químicos de rocas y aguas del "Cajón del Cadillal".-Bohn Lab. Bacteriología Tucumán. 1, 1/2: 38-42.
- MANOFF, I. 1939. Las aguas salitrosas del río Salí, su origen y sus efectos.-Bohn Estac. exp. agric. Tucumán, n° 29: 1-17.
- MON, R. 1971. Estructura geológica del extremo austral de las sierras Subandinas, provincia de Salta y Tucumán, R. Argentina.-Revta Soc. geol. argent. 26, 2: 209-220.
- MORENO ESPELTA, C. y VERAMONTE, J. G. 1975. Geología del área termal de Rosario de la Frontera y sus posibilidades geotérmicas. II Congr. Ibero-Americano de Geología Económica, B. Aires, IV: 543-560.
- PEIRANO, A. 1943. Capas terciarias de sal común en el valle de Santa María.-Cuad. Miner. Geol. Univ. nac. Tucumán, 3, 10: 60-63.
- PEÑA, H. A. 1965. Aguas Termominerales del sur de la Provincia de Tucumán. Dir. Prov. Minas Tucumán: 1-16.
- PORTO, J. C. 1971. Las pegmatitas de la parte austral en la ladera occidental de las Cumbres Calchaquies, prov. de Tucumán. I Simposio Nac. de Geol. Económica, II: 326-336.
- RASSMUS, J. 1925. Las Termas de Rosario de la Frontera.-Publins Dir. gen. Geol. Hidrol. 13: 1-16.
- RUIZ HUIDOBRO, O. J. 1972. Descripción geológica de la Hoja 11 e, Santa María, Prov. de Catamarca y Tucumán.-Bohn. Serv. Nac. Minero Geológico, 134: 1-64.
- SCHICKENDANTZ, F. 1882. Las salinas del Siambón.-Bohn Of. Quím. Tucumán, 2, 1: 180-182.
- SCHICKENDANTZ, F. 1889. Mirabilita de Vipcs y la sal de cocina que se consume en Tucumán.-Bohn. Of. Quím. Tucumán, 2, 1: 111-119.
- STAPPENBECK, R. 1921. Estudios geológicos e hidrogeológicos en la zona subandina de las provincias de Salta y Tucumán.-An. Min. Agric. Secc. Geol., 14, 5.
- STELZNER, A. 1923. Contribución a la geología de la República Argentina.-Acta Acad. nac. Cienc. Córdoba. 8, 1-2: 1-228.
- VILLARREAL, S. D. 1938. Hallazgos del norte argentino, su tenor en sulfatos.-Cuad. Miner. Geol. Univ. nac. Tucumán, 1, 1: 30-35.