

REVISTA  
DE LA  
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo III

Julio de 1948

Nº 3

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO  
DE LOS  
CUERPOS SALINOS DE LA ARGENTINA

I. SULFATERAS DEL DEPARTAMENTO GENERAL LAVALLE (MENDOZA)<sup>1</sup>

Por I. R. CORDINI

Introducción

Iniciamos con esta contribución una serie de publicaciones destinadas a hacer conocer, bajo aspectos de aplicación, algunos cuerpos salinos del país.

Originariamente estos trabajos fueron informes llevados a cabo en el Laboratorio de Sedimentología de la Dirección de Minas y Geología y producidos por un equipo del que formaron parte el autor, la doctora C. L. de Pandolfi, el químico Emilio F. Rubio y el ayudante señor Ismael J. Creixell. A este excelente grupo de colaboradores debo mi gratitud por la importante ayuda prestada.

Tales informes estuvieron destinados a resolver un problema diferente en cada caso. Así, en La Colorada Grande, debieron determinarse las causas que provocaron el hundimiento de una torre de perforación; Salinas Chicas fué estudiada para establecer a qué se debía la llamada «sal rosada», y las sulfateras de Mendoza se visitaron para considerarlas como posibles fuentes de reserva.

Por estas diferentes orientaciones es probable que la serie de trabajos, considerada en conjunto, no resulte muy homogénea. Creo, sin embargo, que no carecerá de utilidad, dado lo relativamente poco que conocemos acerca de nuestros cuerpos salinos.

Una simple ojeada a cualquier mapa nos convencerá que se emplean, sin mayor discriminación, términos como *laguna*, *salina*, *salar*, *salitral*

<sup>1</sup> Contribución Nº 1 de la Dirección General de Minas y Geología.

para designar accidentes geográficos que en gran parte no son lo que el nombre indica.

Conviene entonces comenzar proponiendo a la discusión del lector, para un futuro mejoramiento, algunas definiciones que creo acertadas.

*Salina, Saladar* (americanismo : *salar*). — Es una cuenca en la que se ha acumulado cloruro de sodio en cantidades económicamente explotables, pudiéndose extraer la sal por medio de labores a cielo abierto.

Las impurezas más comunes están constituídas por sulfato de sodio, magnesio y calcio ; también es general que exista una cierta cantidad de insolubles (sílice libre, silicatos, arcilla, materia orgánica descompuesta o macerada).

Para conservar la denominación de *salina* es necesario que dentro del sistema haya preponderancia absoluta de la faz cloruro de sodio.

Podrá notarse que la definición propuesta se opone a la terminología empleada hasta ahora para algunos de los más grandes cuerpos salinos del país. Por ejemplo, se llama *salar* de Cauchari, de El Rincón, de Pocitos, Lullaiyaco, etc., a cuencas en las que predominan boratos.

Por otra parte, el término *salar* significa « echar en sal, curar con sal, sazonar con sal, echar demasiada sal ... ». Sólo como americanismo puede reemplazar a *salina* o *saladar*.

Ejemplos típicos : Salinas Grandes de Córdoba, Salina de Piedra (Buenos Aires), Salina del Bebedero (San Luis).

*Salina de cosecha*. — Expresión utilizada para designar una salina que, debido al régimen climático de la zona en que se encuentra ubicada, presenta dos aspectos principales durante el año.

En la época lluviosa (generalmente febrero y marzo) la cuenca se inunda transformándose en un cuerpo de agua temporario, poco profundo, en el que se redisuelve el cloruro de sodio.

Durante la estación seca (junio a septiembre) las aguas se evaporan, depositándose sal muy pura en la superficie, lo que permite la recolección (cosecha) con rastras o dispositivos análogos.

Ejemplos típicos : Salinas Chicas, de Nicolás Levalle (Buenos Aires) y La Colorada Grande (La Pampa).

*Salitral*. — Cuenca cuyo relleno está impregnado por un porcentaje bajo de sales solubles. En el sistema sedimento-agua-sales, predomina de modo absoluto la primera de las fases.

Las sales pueden ser cloruros, sulfatos, nitratos o carbonatos (Na, K, Mg), pero el depósito no es económicamente explotable.

Ejemplos típicos : Salitral de Llancanelo (Mendoza) con cloruros ; salitrales de Lavalle (Mendoza) con sulfatos ; salitrales de La Pampa, con cloruros, sulfatos y algo de carbonato de sodio.

*Sulfatera*. — Es una cuenca en la cual la fase principal del sistema que forma el relleno superficial está constituída por sulfato de sodio o de magnesio, o por mezclas de ambos.

No conviene incluir dentro de la definición los depósitos de sulfato de potasio. Esta distinción es arbitraria desde el punto de vista

científico, pero se hace teniendo en cuenta un fin práctico, dada la gran diferencia en precios y aplicaciones entre las dos primeras y la última de las sales citadas.

Ejemplos típicos : Sulfateras El Progreso, Villa Alba, La Escondida, La Fortuna, en La Pampa.

*Yesera.* — Es un depósito de sulfato de calcio explotable a cielo abierto, que contiene selenita, yeso alabastro, yeso fibroso, gypsita u otra variedad de yeso. En el caso de que fuese explotable solamente por medio de galerías debería denominarse *mina de yeso*. No se incluyen los depósitos de anhidrita.

Ejemplos típicos : depósitos de yeso en Cinco Saltos (Río Negro) : canteras en el Dpto. de Choya (Santiago del Estero).

*Boratera.* — Es un depósito donde predominan los boratos. La boratera puede también formar parte, como diferenciación local, de una cuenca ocupada por una salina. Este caso se presenta en Olaroz y Pocitos (Puna de Atacama).

Ejemplos típicos : Borateras de Coyahuaima, Tres Morros (Jujuy) y Cauchari.

*Alumbrera.* — Depósito de sulfato hidratado de aluminio, o de hidratos de sulfatos dobles de un elemento trivalente (aluminio, hierro) y de un elemento mono o divalente (sodio, potasio, magnesio).

Ejemplo típico : alumbrera de Barreal en San Juan.

*Mina de sal.* — Esta expresión debería reservarse, como denominación general, para aquellos cuerpos salinos que exigen labores en galerías para su explotación, no pudiendo efectuarse la extracción a cielo abierto como en el caso de las salinas.

Otras razones, además de la citada, abogan para que se adopte la diferenciación propuesta. De la *salina* se extrae cloruro de sodio ; una *mina de sal* puede contener, en cambio, toda una serie de sales, entre las que figuran cloruro y sulfato de sodio, potasio y magnesio, bromuros, intercalaciones explotables de yeso, etc.

Además, la salina es una acumulación reciente o cuaternaria, mientras que la mina de sal representa un depósito terciario o más viejo.

Como segundo paso intentaremos agrupar los cuerpos salinos visitados. La clasificación es aún muy incompleta y deberá ser modificada en un futuro cercano, a medida que se estudien otros nuevos.

#### A) CONTENIDOS EN CUENCAS DEBIDAS A FACTORES EXÓGENOS :

Generalmente cuencas poco profundas, en las que se han acumulado productos de lixiviación de sedimentos, o depositado sales por evaporación.

##### *En ambiente continental :*

Sulfateras del Dpto. Lavalle (Mendoza) relacionadas con afloramientos de la napa freática.

Salinas Grandes de Córdoba.  
Salinas de Guanacache (San Luis).  
Salitrales, en general, de las zonas semidesérticas del país.  
Yeseras de Pervuú (Km 976, FF. CC. del E.), Mendoza, relacionadas con divagaciones del cauce del río Mendoza.

*En ambiente costero :*

Debidos a evaporación directa de aguas marinas : actuales.  
Salina del Inglés (Buenos Aires).  
Salina de Cabo Blanco (Chubut).

B) CONTENIDOS EN CUENCAS DEBIDAS A FACTORES ENDÓGENOS :

Generalmente cuencas que se presentan como accidentes topográficos muy marcados en el terreno.

*En fallas o líneas de fallas :*

Salina La Colorada Grande, La Pampa.  
Salina La Blanca Grande, La Pampa.  
Yeseras de Hernandarias y Piedras Blancas (Entre Ríos), relacionadas con la ingresión pliocena a lo largo del actual río Paraná.

*En graben :*

Laguna sulfatado-clorurada de Chasicó (Buenos Aires).  
Salitral de Chosoicó (Buenos Aires).  
Salinas Chicas (Buenos Aires). Los tres están relacionados con la ingresión marina del querandino.  
Borateras en los bolsones de La Puna, relacionadas con fenómenos volcánicos.

### Las sulfateras del Departamento Lavalle

La región que se describirá está comprendida entre el cauce actual del río Mendoza al oeste y Los Bañados (río Desagüadero) al oriente. Hacia el norte alcanza al río San Juan. El límite meridional queda establecido por una línea imaginaria que une Alpero, San Antonio y Pto. Algodones.

Dentro de esa extensión, que cubre 3.625 km<sup>2</sup>, existen por lo menos 6 ambientes bien diferenciados. En franjas sub-paralelas a los cursos de los ríos Mendoza, San Juan y Desagüadero, encontraremos una regular cantidad de cauces abandonados; la conexión entre los dos últimos ríos se efectúa por medio de bañados, generalmente secos y la casi totalidad de la zona está cubierta por cordones de médanos entre los cuales se encuentran contenidos salitrales, sulfateras y yeseras.

Si se agrupan los sedimentos de acuerdo al agente predominante en la deposición de los mismos, tendremos :

- 1) Ambientes en los que predomina la sedimentación eólica. Paisaje de médanos, ocupando un 93 % de la superficie, incluidos los salitrales.
- 2) Ambientes en los que predomina la sedimentación fluvial.
  - a) Ambiente lótico.
 

Cauces actuales : No más de 0,5 % de la superficie.  
Cauces abandonados : 1,9 % de la superficie.
  - b) Ambiente léntico.
 

« Bañados ». Cuerpos de agua temporarios debidos a divagación fluvial ; alrededor del 2,2 % de la superficie.
- 3) Ambientes en los que aparentemente predomina la sedimentación química.
  - a) De sales muy solubles : Salitrales y sulfateras : 1,7 % de la superficie.
  - b) De sales semisolubles : Yeseras, ocupando 0,7 % de la superficie.

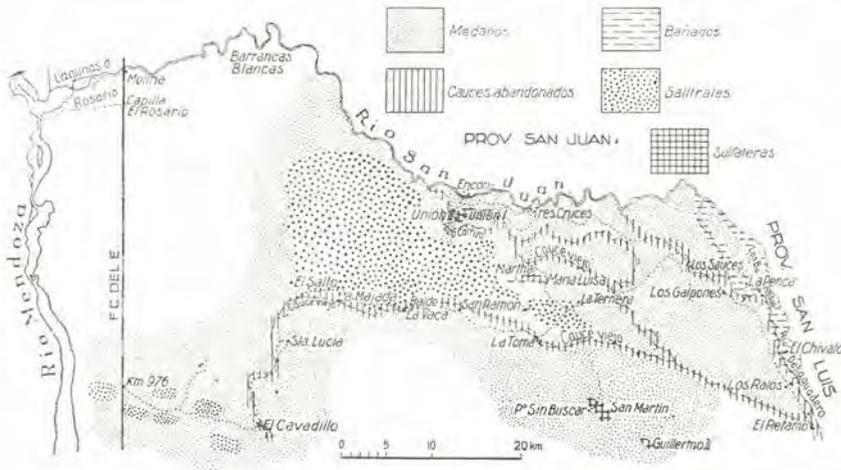


Fig. 1. — Representación esquemática de los distintos ambientes de sedimentación en la zona recorrida

### PAISAJE DE MÉDANOS

Se presenta constituido por cordones que no sobrepasan los 20 metros de altura, con dirección predominante este-oeste y a veces, en la parte oriental, de noroeste a sudeste. Entre tales cadenas se forman cuencas sin desagües donde el aspecto cambia parcialmente.

Para los materiales de la parte superior, apenas fijados por una vegetación de tipo *mobilideserta*, daremos dos ejemplos.

M 1. — *Arena de la cubierta eólica en Los Sauces (San Miguel).*

Residuo pesado : 3,4 %.

Hipersteno, granate, augita, hornblenda, hornblenda basáltica, zircón, *ciavita*, *turmalina*, apatita, *andalusita*, titanita, magnetita, limonita, hematita y escasa mica.

De toda la serie de arenas eólicas coleccionadas, ésta es la que ocupa el segundo lugar en porcentaje de minerales pesados; tienen asociaciones semejantes, pero, en la muestra presente, aparecen algunos minerales que no se encuentran en el resto. Ellos pertenecen a la serie de los llamados muy estables y se los ha remarcado en bastardilla.

Minerales livianos : 96,6 %.

Granos angulosos a subangulosos de cuarzo y feldespato, en parte alterado; algunos granos de pasta silíceo micro a criptocrystalina; vidrio, granos de calcáreo y plagioclasa.

Textura de las superficies.

En un recuento sobre 250 granos se obtuvieron los siguientes porcentajes :

Tamaños (mm)	No trabajados %	Redondeados mate, sucios %	Redondeados mate, limpios %
Mayor 0,208.....	82	13	5
0,208-0,175.....	76	22	2
0,175-0,147.....	76	14	10
0,147-0,124.....	74	12	14
0,124-0,104.....	68	20	12
Término medio.....	<b>75,2</b>	<b>16,2</b>	<b>8,6</b>

Composición granulométrica :

Como puede verse en la figura 2, estamos en presencia de una arena bien seleccionada, que tiene 96,2 % del peso comprendido entre los tamaños 0,175 y 0,074 mm.

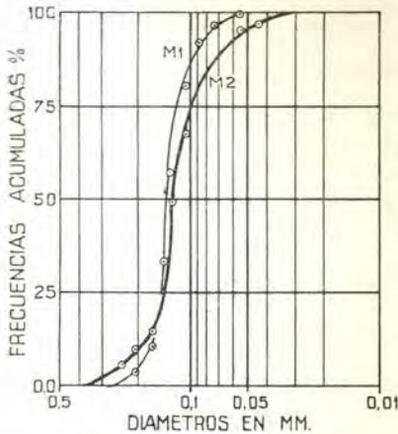


Fig. 2. — Curva granulométrica de las arenas M1 y 2

Estas arenas presentan un caso interesante. Juzgadas según la composición granulométrica, revisten el carácter de eólicas; en cambio, consideradas desde los puntos de vista de composición petrográfica, textura de superficie, grado de redondeamiento y porcentaje de pesados, no pueden considerarse como materiales típicamente eólicos. En la figura 14 se han comparado estos puntos de vista aprovechando ejemplos bien documentados de nuestra colección.

Poco más adelante se encontrarán casos análogos. El norte y noreste de Mendoza están recubiertos por arenas que en un principio han sido fluviales; la acción eólica debe datar de muy poco tiempo atrás, puesto

que recién comienza a manifestarse como selección, pero no ha influenciado el resto de los caracteres inherentes a una arena típicamente fluvial.

*M 2. — Arena de los médanos en la región de la sulfatera María Luisa.*

Residuo pesado : 1,04 %

En orden decreciente de abundancia se encuentran hipersteno, augita, magnetita, limonita y hematita.

En menor proporción, granate, hornblenda, hornblenda basáltica, turmalina, apatita, titanita y biotita.

Minerales livianos : 98,96 %

Cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, plagioclasa zonal y pasta silíceas (de pórfito ?), todos recubiertos por hidróxido de hierro.

Texturas de las superficies.

En un recuento sobre 250 granos, se obtuvo :

Tamaños (mm)	No trabajados %	Redondeados mate. sucios %	Redondeados mate. limpios %
Mayor 0,246.....	100	0	0
0,246-0,208.....	80	20	0
0,208-0,175.....	82	18	0
0,175-0,147.....	76	24	0
0,147-0,124.....	64	36	0
0,124-0,104.....	72	24	4
Término medio.....	<b>79,0</b>	<b>20,3</b>	<b>0,7</b>

Sometida al análisis químico, esta arena dió :

*Evaluaciones químicas (kilogramos por tonelada)*

Bicarbonatos en $\text{CO}_3\text{H}$ .....	V
Cloruros en $\text{Cl}^-$ .....	V
Sulfatos en $\text{SO}_4^{=}$ .....	12,330
Nitratos .....	0
Nitritos .....	V
Calcio en $\text{Ca}^{++}$ .....	4,517
Magnesio en $\text{Mg}^{++}$ .....	V
Sodio (calculado) en $\text{Na}^+$ .....	0,714

*Combinaciones probables calculadas en materia seca a 230°C (Kg ton.)*

Bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	V
Bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	V
Sulfato de calcio $\text{CaSO}_4$ .....	15,359
Sulfato de magnesio $\text{MgSO}_4$ .....	0
Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	2,202
Cloruro de sodio $\text{NaCl}$ .....	V
Insoluble .....	981,620
No dosado y pérdida .....	0,819

La arena de estos médanos pesa alrededor de  $1.300 \text{ Kg/m}^3$ . Puede notarse entonces que, en un solo metro cúbico, las aguas pueden extraer  $2,9 \text{ kg}$  de sulfato de sodio y, más lentamente,  $20$  de sulfato de calcio. Al aflorar esas aguas en las cuencas situadas entre los médanos, depositan las sales por evaporación; a este mecanismo se debe la presencia de sulfateras y salitrales en la región.

Corresponde ahora considerar las cuencas en las partes bajas, aludidas al comienzo. Aunque el piso de las mismas es bastante permeable, actúan como colectoras temporarias de las lluvias que, en forma de cha-

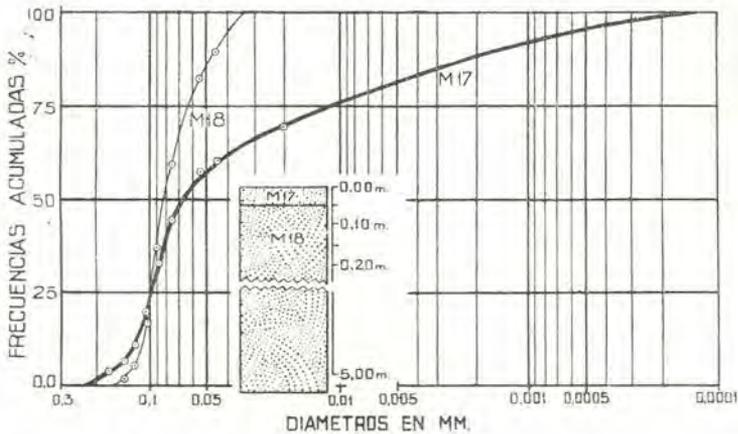


Fig. 3. — Composición granulométrica de los sedimentos ubicados en las cuencas situadas entre los médanos

parrones, se producen entre noviembre y marzo. Como resultado de esas inundaciones el terreno adquiere una perfecta horizontalidad, acumulándose en la superficie una delgada capa de sedimentos más finos. En una de esas cuencas, situada a  $10 \text{ km}$  al WSW de Los Sauces, sobre el camino a Tres Cruces, se obtuvo el perfil de la figura 3.

El detalle con que se efectuó esta faz del estudio se debe a que ha sido necesario demostrar la inconsistencia de ciertas afirmaciones locales. Los mineros suponen, basándose en la observación de estas superficies lisas y en apariencia bien compactadas, que no es necesario construir caminos sobre las mismas para facilitar el transporte del sulfato de sodio. Sin embargo, puede comprobarse por el perfil, y así se comprobó en la práctica, que la destrucción de la delgada costra superior inutiliza la senda obligando a cambiar el recorrido; para ello basta que un vehículo pesado efectúe  $10$  a  $15$  veces el pasaje sobre la misma huella. Destruída la capa, el « camino » se hunde rápidamente en las arenas sueltas y el tránsito se interrumpe haciéndose necesario buscar desvíos laterales.

Si fuese de urgente necesidad explotar los sulfatos del Departamento Lavalle, habría que construir caminos uniendo de manera ininterrumpida los depósitos con el lugar de embarque, y no tramos parciales como hasta ahora se ha considerado.

En la zona no se cuenta con piedra, que deberá emplearse como elemento grueso para afirmar la subrasante. Tampoco existen las arcillas necesarias para compactar y dar cohesión a la rasante. El primer material deberá transportarse desde el oeste, cubriendo un recorrido de alrededor de 120 km; el segundo podría extraerse de Los Bañados.

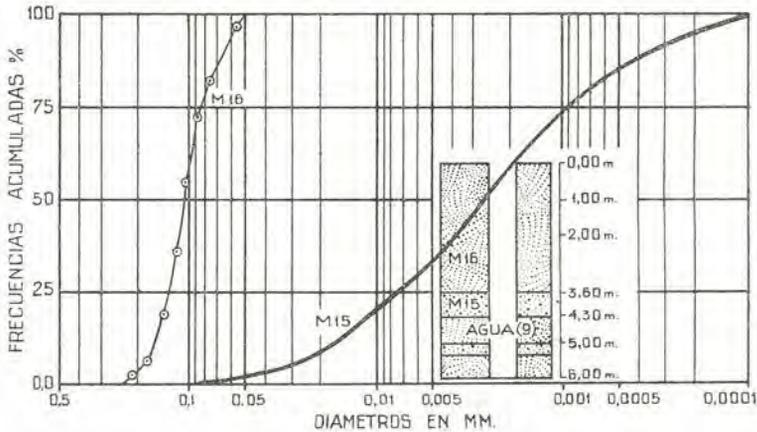


Fig. 4. — Perfil de la perforación efectuada en el Pto. de C. Díaz, en Los Sauces.

En el perfil de M 17 y 18 se estudian solamente los estratos más superficiales. No conocemos el espesor exacto de la cubierta arenosa representada por la segunda de las muestras; en el puesto de C. Díaz (Los Sauces) se perforó hasta 6 m sin conseguir atravesarla por completo. En este lugar comprobamos (figura 4) arenas eólicas con una intercalación de material fino, entre 3,60 y 4,30 m, sirviendo de techo a la primera napa de agua.

#### EL AGUA EN EL PAISAJE DE MÉDANOS

En la región estudiada no hay estación de registro meteorológico. A juzgar por los datos de las más próximas, las lluvias alcanzan a 160 mm anuales y la temperatura a 23°C de máxima media y 8°C de mínima media. Aplicando el sistema de Knöche se tiene un clima seco y cálido intenso durante cuatro a cinco meses del año. La escasez de agua constituye un problema muy serio y, mientras no se la consiga en cantidad suficiente y calidad apropiada, todo el norte y el oriente de

Mendoza continuará siendo inhabitable, por lo menos para núcleos capaces de constituir poblaciones estables.

Teniendo ésto en cuenta, hemos tratado de registrar el mayor número posible de fuentes de agua. Se estudiarán sus caracteres agrupándolas según el ambiente a que pertenecen; para el paisaje de médanos se tiene:

	(9)	(10)	(11)
Aspecto { Directo .....	turbio	turbio	turbio
Decantada .....	límpido	límpido	límpido
Filtrada .....	límpido	límpido	límpido
Color .....	amarillento	incoloro	incoloro
Olor .....	sulfhídrico	inodoro	inodoro
Reacción a la fenolftaleína en frío .....	alc. m. déb.	ácida	ácida
Reacción a la fenolftaleína en caliente .....	alcalina	alc. déb.	alcalina
Residuo seco a 180°C..... mg/l	3400	8440	4360
Dureza total en CO <sub>3</sub> Ca..... »	1580	1570	920
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca).. »	220	50	220
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H)..... »	268	61	268
Cloruros (Cl)..... »	390	3262	1170
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )..... »	1777	2074	1498
Nitratos (NO <sub>3</sub> )..... »	0	0	11
Nitritos (NO <sub>2</sub> )..... »	V	V	0,3
Amoníaco (NH <sub>4</sub> )..... »	abundante	0	0
Calcio (Ca)..... »	400	480	260
Magnesio (Mg)..... »	140	87	65
Arsénico (As)..... »	V	V	V
Vanadio (V)..... »	0	0	0
Flúor (F)..... »	2	3	3
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )..... »	V	V	V
Sílice (SiO <sub>2</sub> )..... »	66	40	46
Potasio (K)..... »	V	27	V

(9) Pozo de Claudio Díaz, a 500 m al N de la escuela de Los Sances (San Miguel). Inapta para alimentación por su elevada mineralización y contenido de amoníaco. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 119; aptitud pobre.

(10) Pozo en el médano de La Ternera. 4,50 m prof. Inapta para el consumo por su elevada mineralización y alto contenido en flúor.

(11) Pozo en los médanos de La Toma. 5 m prof. Inapta para el consumo por su elevada mineralización y alto contenido en flúor. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 40; aptitud pobre.

	(15)	(16)	(17)
Aspecto { Directo .....	turbio	turbio	lig. turbio
Decantada.....	límpido	límpido	límpido
Filtrada.....	límpido	límpido	límpido
Color.....	incoloro	amarillento	incoloro
Olor.....	inodoro	inodoro	inodoro
Reacción a la fenolftaleína en frío.....	ácida	ácida	alc. débil
Reacción a la fenolftaleína en caliente.....	alcalina	alcalina	alcalina
Residuo seco a 180°C..... mg/l	2440	2640	5150
Dureza total en CO <sub>2</sub> Ca..... »	1880	1620	2275
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca), »	250	245	318
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H), »	305	299	387
Cloruros (Cl), »	89	92	851
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ), »	1448	1531	2510
Nitratos (NO <sub>3</sub> ), »	0	V	17
Nitritos (NO <sub>2</sub> ), »	0	0	0
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ), »	0	0	V
Calcio (Ca), »	560	560	630
Magnesio (Mg), »	114	52	170
Arsénico (As), »	0	0	0
Vanadio (V), »	0	0	0
Flúor (F), »	2	1,4	>1
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), »	V	V	—
Sílice (SiO <sub>2</sub> ), »	48	62	30
Potasio (K), »	V	—	V

(15) Pozo del señor M. Díaz. Muestra tomada por la mañana, con nivel piezométrico máximo. Inapta para el consumo por su alta mineralización y contenido en flúor. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 584; aptitud buena.

(16) La misma situación anterior. Muestra tomada por la tarde, con el pozo casi agotado. Apta para el consumo solamente en caso de absoluta necesidad. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 418; aptitud mediana.

(17) Pozo de Pto. Balde Romero, a 20,7 km al SSW de Los Sances (San Miguel). Inapta para el consumo por exceso de mineralización.

	(20)	(35)	(36)	
Aspecto {	Directo .....	lig. turbio	turbio	lig. turbio
	Decantada .....	límpido	límpido	límpido
	Filtrada .....	límpido	límpido	límpido
Color .....	incoloro	amarillento	incoloro	
Olor .....	inodoro	inodoro	inodoro	
Reacción a la fenolftaleína en frío .....	ácida	alc. débil	alc. débil	
Reacción a la fenolftaleína en caliente .....	alcalina	alcalina	alcalina	
Residuo seco a 180°C. .... mg/l	4720	25800	5900	
Dureza total en (CO <sub>3</sub> Ca) .....	2390	2270	1440	
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca) ..	130	345	365	
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H) .....	159	421	445	
Cloruros (Cl) .....	759	8084	1525	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) .....	2362	8329	2090	
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) .....	2	1	23	
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) .....	0	1	V	
Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) .....	0	V	0	
Calcio (Ca) .....	720	520	360	
Magnesio (Mg) .....	144	236	131	
Arsénico (As) .....	>0,15	>0,15	>0,15	
Vanadio (V) .....	0	<0,5	<0,5	
Flúor .....	<1	<1	<1	
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) .....	—	—	—	
Sílice (SiO <sub>2</sub> ) .....	60	44	48	
Potasio (K) .....	V	52	45	

(20) Pozo en La Ternera ; Pto. de José A. Díaz. Por su elevada mineralización, esta agua es inapta para la alimentación.

(35) Perforación en la escuela de Los Sauces (San Miguel), de 11 m de profundidad. Inapta para la alimentación por exceso de mineralización.

(36) Pozo en La Toma, Pto. de Alejandrino. Inapta para la alimentación.

#### AMBIENTES EN LOS QUE PREDOMINA LA SEDIMENTACIÓN FLUVIAL

No podemos describir aquí ambientes lóticos típicos (cauces actuales) porque, salvo el río San Juan que sufre aún la influencia de escasas y cada vez más espaciadas avenidas de agua, todos los cauces de la región han sido abandonados.

Para estudiar los materiales contenidos en éstos, como así también para comprender las relaciones entre dichos materiales y las arenas eólicas inmediatas, uno de los mejores ejemplos es el cauce que corre de norte a sur en Los Galpones, a siete kilómetros al SE de Los Sauces. Allí se encuentran, distribuidos como se indica en la figura 5, los siguientes sedimentos :

M 11, que representa la cubierta de material fino, acumulado en un ambiente análogo al de los « madrejones » de Formosa (Cordini 1947), es un silt arcilloso con 20 % de arena muy fina, caracterizado como sigue:

Residuo pesado : 0,64 %.

Magnetita, limonita, hipersteno, augita, hornblenda, zoisita, apatita, granate, zircón, rutilo y biotita desferriada.

Minerales livianos 99,96 %.

Granos recubiertos por una película calcárea : eliminada por lavado en clorhídrico, se observa cuarzo (escasos granos límpidos), plagioclasa zonal, feldespato potásico alterado en parte, vidrio en granos subangulosos y pasta silicea micro a criptocrystalina.

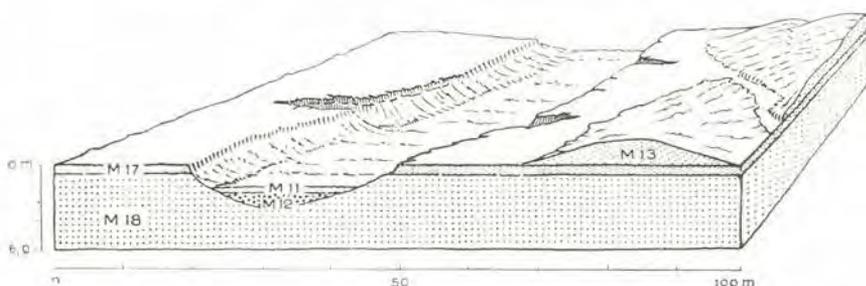


Fig. 5. — Representación esquemática de los materiales contenidos en los cauces abandonados. Puerto Los Galpones, sobre el río Desaguadero

Por debajo se encuentran las arenas fluviales M 12, depositadas por el río cuando el cauce aún formaba parte del drenaje de la zona. En ellas se observa :

Residuo pesado : 5 %.

De todas las coleccionadas en la región es la muestra que contiene mayor porcentaje de minerales pesados : se encuentran en granos grandes, con ligero predominio de minerales transparentes sobre los opacos.

La asociación es muy semejante a la estudiada en las arenas de médanos : hipersteno, granate, hornblenda, hornblenda basáltica, apatita, escaso zircón y rutilo, augita, magnetita, limonita, poca turmalina y biotita.

Minerales livianos : 95 %.

Cuarzo, feldespato en parte alterado, plagioclasa, vidrio y granos calcáreos. La mayoría de los granos recubiertos por hidróxido de hierro. Hay restos abundantes de *Littoridina* y *Planorbis*.

En cuanto a la textura de superficie se tiene, en el término medio de los tamaños comprendidos entre 0,208 y 0,175 mm :

	%
No trabajados.....	74
Redondeados mate, sucios.....	18
Redondeados mate, limpios.....	6
Redondeados brillantes.....	2

En los médanos inmediatos al cauce, a 80 metros de distancia, se coleccionó la arena M 13 que, como puede verse en el gráfico de la figura 6, es la misma que M 12 en lo que se refiere a selección.

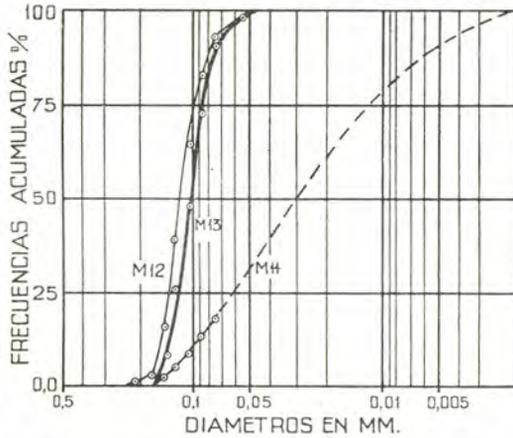


Fig. 6. — Características granulométricas de las arenas en los cauces abandonados y en los médanos inmediatos

También resultó semejante el resto de los caracteres en las dos últimas muestras citadas ; en M 13 se tiene :

Residuo pesado : 1,54 %.

Hay predominio de transparentes sobre opacos. Hipersteno, augita, hornblenda, granate, magnetita, limonita, hematita, biotita, muscovita, apatita, zircón, hornblenda basáltica, rutilo, titanita, zoisita y epidoto. La asociación de minerales predominantes está formada por hipersteno, augita y hornblenda, correspondiendo a un conjunto de elementos moderadamente estables.

Nótese que, comparadas con las arenas fluviales M 12, las arenas M 13 presentan, como es lógico, menor contenido en minerales pesados.

Las texturas de superficie, entre los tamaños mayores de 0,175 y 0,104 mm se reparten como sigue :

No trabajados.....	70
Redondeados mate, sucios.....	23
Redondeados mate, limpios.....	7

Según las observaciones anteriores, los sedimentos eólicos han resultado de la selección de arenas fluviales; más que en los tamaños, prácticamente los mismos en ambos casos, tal selección se ha reflejado en el contenido en minerales pesados.

El paisaje eólico ha comenzado a desarrollarse poco antes de la obturación total de los cauces. De otra manera, no aparecería en el perfil la cubierta M 11 por encima de las arenas fluviales. Dicha cubierta representa el ambiente léntico (o casi) que se instituyó temporariamente dentro de los cauces, como resultado de las últimas inundaciones.

Claro está que, a medida que el clima se convertía en muy seco, durante el Cuaternario, fué predominando la acción eólica sobre la fluvial. En otros lugares, tales como Pto. La Penca, sobre el río Desagüadero, hay arenas eólicas intercaladas entre dos ambientes lénticos. Allí el perfil es, de arriba hacia abajo:

0,30 m de arena muy fina y silt arcilloso muy semejante a M 11, ya descripta.

0,60 m de arena M 14 con estratificación entrecruzada, seleccionada como se ve en la figura 7.

Por debajo de M 14 vuelven a repetirse los sedimentos análogos a M 11 con espesor de 0,40 m. Toda la serie está apoyada sobre arenas fluviales.

Casos similares al anterior son abundantes en la zona; también los hay al WNW de la sulfatera María Luisa.

Como ejemplo de cauce en vías de ser abandonado, citaremos ahora el del río San Juan, porque en él puede observarse un mecanismo de distribución de aguas. En el paso de El Encón, los materiales se presentan distribuidos según el perfil de la figura 8.

M 21, capa superior entre 0,0 y 1,30 m es una arena con estratificación entrecruzada, suelta, muy fina, color pardo claro. Se apoya sobre M 20, capa de arena muy cementada por yeso, de 1,15 m de espesor; por debajo hay nue-

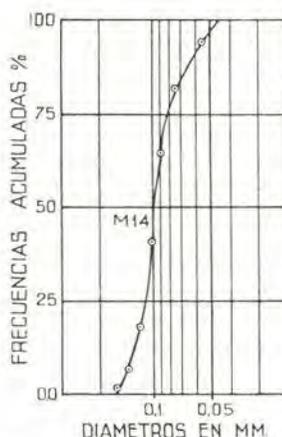


Fig. 7. — Composición granulométrica de las arenas M 14, en Pto. La Penca, sobre el río Desagüadero.

vamente arenas entrecruzadas en espesores visibles de 1,55 m. en las cuales el yeso desaparece.

La poca agua, en forma de charcos discontinuos que aún existen en el cauce, proviene de una napa influente contenida entre la base de M 20 y el techo, todavía algo yesífero, de las arenas M 19. Si se la capta en el pie de la pendiente puede servir accidentalmente para consumo a pesar de su alta mineralización, dado que no hay otra mejor en la zona. Los caracteres químicos se especifican en el análisis (8).

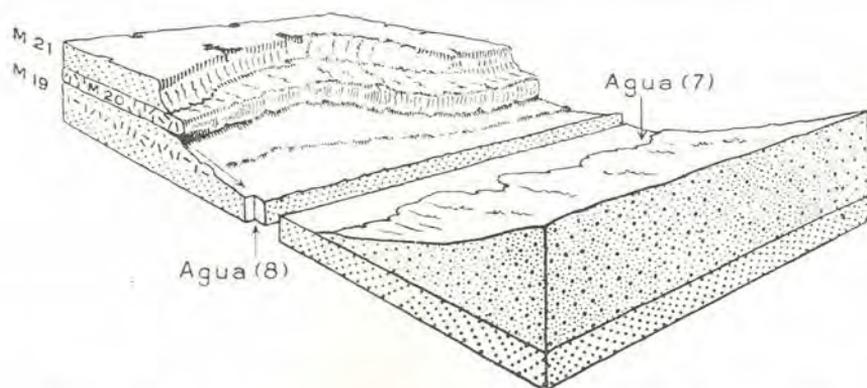


Fig. 8. — Representación esquemática del cauce del río San Juan en el paso de El Encón.

En los charcos, concentrada por evaporación, las sales aumentan hasta el grado de inutilizarlas por completo, tal como se demuestra en el análisis (7).

De esto resulta una disposición aparentemente curiosa: mientras que en los charcos el agua es im potable, en pozos poco profundos, cavados a pocos metros de los mismos, puede obtenerse para consumo de emergencia. Tales pozos se salinizan excesivamente a corto plazo y es necesario cambiar a menudo el lugar de la extracción.

#### EL AGUA EN EL PAISAJE DE SEDIMENTACIÓN FLUVIAL.

De la misma manera que en el caso anterior, se citan a continuación las aguas coleccionadas. No sólo las aguas freáticas son inaptas en el norte y noreste de Mendoza; las perforaciones efectuadas hasta 80 metros en los alrededores de El Cavadito han atravesado varias napas que debieron desecharse por exceso de mineralización.

	(3)	(4)	(5)
Aspecto { Directo . . . . .	lig. turbio	turbio	turbio
Aspecto { Decantada . . . . .	límpido	límpido	límpido
Aspecto { Filtrada . . . . .	límpido	límpido	límpido
Color . . . . .	amarillento	incoloro	incoloro
Olor . . . . .	inodoro	inodoro	inodoro
Reacción a la fenolftaleína en frío . . . . .	alc. déb.	alc. déb.	alc. débil
Reacción a la fenolftaleína en caliente . . . . .	alcalina	alcalina	alcalina
Residuo seco a 180°C . . . . . mg/l	35360	1700	2590
Dureza total en (CO <sub>3</sub> Ca) . . . . . »	3030	1323	1630
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca) . . . . . »	235	275	160
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H) . . . . . »	287	336	195
Cloruros (Cl) . . . . . »	11878	82	99
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) . . . . . »	10995	909	1576
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) . . . . . »	V	2	2
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) . . . . . »	V	V	V
Amoníaco (NH <sub>3</sub> ) . . . . . »	0	0	0
Calcio (Ca) . . . . . »	880	400	580
Magnesio (Mg) . . . . . »	688	79	44
Arsénico (As) . . . . . »	>0,15	>0,15	V
Vanadio (V) . . . . . »	0	0	V
Flúor (F) . . . . . »	0	—	>1
Potasio (K) . . . . . »	V	V	V

(3) Aguada de Azaguate; Cauce abandonado al oeste de la sulfatera María Luisa. Agua inapta para el consumo por exceso de mineralización.

(4) Pozo en la casa de Rosario Ochoa, Los Sauces (San Miguel). Inapta para la alimentación por su elevada dureza y presencia de nitritos.

(5) Pozo en el cauce del río San Juan; Pto. La Penca. Agua inapta para el consumo por exceso de mineralización.

	(6)	(7)	(8)	
Aspecto	Directo.....	lig. turbio	lig. turbio	lig. turbio
	Decantada.....	límpido	límpido	límpido
	Filtrada.....	límpido	límpido	límpido
Color.....	amarillento	incoloro	incoloro	
Olor.....	inodoro	inodoro	inodoro	
Reacción a la fenolftaleína en frío.....	alc. débil	alc. débil	alc. déb.	
Reacción a la fenolftaleína en caliente.....	alcalina	alcalina	alcalina	
Residuo seco a 180°C..... mg/l	50120	13050	1240	
Dureza total en (CO <sub>3</sub> Ca)..... »	3350	3255	450	
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca). »	455	205	195	
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H)..... »	555	250	238	
Cloruros (Cl)..... »	11346	3241	160	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )..... »	21192	5358	537	
Nitratos (NO <sub>3</sub> )..... »	1	V	1	
Nitritos (NO <sub>2</sub> )..... »	6	1	0	
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )..... »	V	V	0	
Calcio (Ca)..... »	680	640	138	
Magnesio (Mg)..... »	385	402	26	
Arsénico (As)..... »	>0,15	0	0	
Vanadio (V)..... »	0	<0,5	<0,5	
Flúor (F)..... »	>1	>1	>1	
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )..... »	—	—	—	
Sílice (SiO <sub>2</sub> )..... »	24	2	16	
Potasio (K)..... »	84	11	V	

(6) « Pozo con carrizo » al S de la nima Unión II. Inapta para la alimentación.

(7) En el cauce del río San Juan. Agua estancada, próxima al pozo de El Encón. Inapta para el consumo.

(8) Pozo en la comisaría de El Encón, cavado en el cauce del río San Juan. Mineralización mediana. Inapta para la alimentación por su elevado grado de dureza y su contenido en flúor.

	(32)	(33)	(34)
Aspecto { Directo .....	lig. turbio	lig. turbio	lig. turbio
Decantada .....	límpido	límpido	límpido
Filtrada .....	límpido	límpido	límpido
Color .....	incoloro	incoloro	incoloro
Olor .....	inodoro	inodoro	inodoro
Reacción a la fenolftaleína en frío .....	alc. déb.	alc. déb.	alc. déb.
Reacción a la fenolftaleína en caliente .....	alcalina	alcalina	alcalina
Residuo seco a 180°C..... mg/l	2180	2065	1400
Dureza total en (CO <sub>3</sub> Ca)..... »	1560	1510	1100
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca). »	160	275	210
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H)..... »	195	336	256
Cloruros (Cl)..... »	92	89	78
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )..... »	1333	1185	749
Nitratos (NO <sub>3</sub> )..... »	2	2	2
Nitritos (NO <sub>2</sub> )..... »	0	V	0
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )..... »	0	0	0
Calcio (Ca)..... »	480	440	260
Magnesio (Mg)..... »	87	101	109
Arsénico (As)..... »	0	0	0
Vanadio (V)..... »	<0,5	<0,5	0
Flúor (F)..... »	—	>1	<1
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )..... »	—	—	—
Sílice (SiO <sub>2</sub> )..... »	46	36	52
Potasio (K)..... »	V	V	V

(32) Pozo en el Pto. de José Ochoa, Los Sauces (San Miguel). Inapta para el consumo.

(33) Pozo en el Puesto de Cristino Gil, Los Sauces. Inapta para el consumo por su elevada mineralización y alto grado de dureza.

(34) Pozo en el Pto. de Sixto Ponce, Los Sauces. Agua con mediana mineralización. Su elevado grado de dureza hace que sea inapta para el consumo.

EL PAISAJE DE « BAÑADOS »

El tramo terminal del sistema del río San Juan constituye una extensa zona de divagación que comienza a la altura de Los Sauces, se extiende 60 km con dirección NW-SE., y termina cerca de la región denominada Los Altos Amarillos, a la altura de la *laguna Silverio*, que no existe en el terreno.

Los ríos San Juan y Desagüadero están ligados por las mismas relaciones de interdependencia que existen entre los ríos Pilcomayo y « Pilcomayo inferior ». En los dos casos se trata de cuencas hidrográficas diferentes, conectadas sólo en épocas de aguas altas; un lamentable desconocimiento geográfico, unido a levantamientos escasos y no demasiado precisos han contribuido a que se los considerase como unidades indivisibles.

Aunque fuera de lugar, no está demás hacer notar aquí que un estudio detallado de los dos ríos, de sus sedimentos, aguas, modo de divagación y régimen hidrográfico, resolvería problemas de alto interés geológico y ayudaría a un mejor aprovechamiento de las aguas, tan escasas en la región.

El Desagüadero, que drena el exceso de agua cuando desborda el San Juan, tiene carácter de corriente temporaria. Entre diciembre y marzo, si las nevadas en la cordillera han sido copiosas, las aguas del segundo se trasvasan a las cabeceras del primero de los ríos citados, y la zona se inunda temporariamente.

Los baños resultantes pueden subsistir cierto tiempo debido a la presencia de un substrato arcilloso (fig. 18), cuyo espesor varía entre 0,40 y 1 m. El material, M 25, constituye lentes hasta de 9 kilómetros de longitud; está formado por 70 a 80 % de partículas menores de 5 micrones y 20 a 30 % de elementos más gruesos. En los últimos se observó :

*Residuo pesado* : 0,08 %

Magnetita, limonita, hematita, hipersteno, zircón, biotita, granate, siderita, rutilo, hornblenda, hornblenda basáltica, augita, apatita, titanita, olivina, epidoto y clorita. La siderita se encuentra en gránulos y también en esferulitas.

*Minerales livianos* : 99,92 %

Granos angulosos a subangulosos de cuarzo, feldespato potásico, vidrio, mica, yeso y plagioclasa zonal; todo el material está manchado por limonita.

Observados los separados al microscopio, se nota :

*Tamaños mayores de 0,175 mm.*

Gran abundancia de nódulos hematíticos y limoníticos.

*Entre 0,175 y 0,020 mm.*

Predomina cuarzo y feldespato; abundante calcáreo, sericita y arcilla.

	(12)	(13)	(14)
Aspecto { Directo .....	turbio	turbio	turbio
Decantada .....	límpido	límpido	límpido
Filtrada .....	límpido	límpido	límpido
Color.....	incolore	incolore	incolore
Olor.....	inodoro	inodoro	inodoro
Reacción a la fenolftaleína en frío.....	no vira	no vira	no vira
Reacción a la fenolftaleína en caliente....	alcalina	alcalina	alcalina
Residuo seco a 180°C..... mg/l	6700	2940	3740
Dureza total en (CO <sub>3</sub> Ca)..... »	2800	1600	2200
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca). »	225	150	220
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H)..... »	274	183	268
Cloruros (Cl)..... »	851	170	390
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )..... »	3588	1893	2090
Nitratos (NO <sub>3</sub> )..... »	2	2	2
Nitritos (NO <sub>2</sub> )..... »	V	0	0
Amoníaco (NH <sub>4</sub> )..... »	V	0	0
Calcio (Ca)..... »	560	560	520
Magnesio (Mg)..... »	341	44	218
Arsénico (As)..... »	0	V	0
Vanadio (V)..... »	0	0	0
Flúor (F)..... »	>3	>3	>3
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )..... »	V	V	V
Sílice (Si <sub>2</sub> O)..... »	76	64	40
Potasio (K)..... »	V	V	V

(12) Pozo Puesto El Chivato, a 18 km al SE de Los Sauces. Inapta para la alimentación por su mineralización y contenido en flúor. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm=51. Aptitud pobre.

(13) Pozo en El Retamo (Lino Fretes). Inapta para la alimentación por la mineralización elevada y el contenido en flúor. Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 304; aptitud mediana.

(14) Pozo en el borde del bañado, en el Pto. de Pedro Barroso, 1 km al noroeste de El Retamo. Inapta para el consumo.

Para riego: coeficiente de alcalinidad en mm = 128. Aptitud pobre.

La arcilla de los bañados se diferencia mucho del resto de los sedimentos anteriormente descritos; es probable que pueda asimilársela a los depósitos de « pantanos y lagos poco profundos » descritos por Hatch y Rastall, consistentes en sedimentos amarillo parduscos, con alta proporción de limonita, mineral que puede ser parcial o completamente transformado en siderita en presencia de suficiente cantidad de materia orgánica.

Esta última puede haber sido proveída por el densísimo *Typhaetum* que se desarrolla en las partes más bajas. Tales « totorales » crecen a lo largo de los drenajes y sus restos, mezclados con el sedimento que arrastra el río, forman los lentes de material M 26, oscuro, de poco peso específico aparente, rico en sílice organizada.

Las aguas en el paisaje de bañados, ya sea las contenidas en los sedimentos M 25 o en el M 26, también han resultado inaptas para el consumo, como puede verse en los análisis insertados en la página 165.

### *La sulfatera San Martín*

Los depósitos salinos de la región pueden estar contenidos en cauces abandonados o en depresiones entre los médanos. Generalmente, en el primer caso son salitrales y en el segundo sulfateras.

Tomaremos como tipo para una descripción más detallada, la sulfatera San Martín, situada a 60 km al este de la Estación Km 976 (F. C. del E.) y a 30 km al SE de El Encón.

Esta cuenca (fig. 16) tiene una superficie de 89 hectáreas y, vista en conjunto, parecería contener un depósito salino grande.

Tal engañosa apariencia se debe a una costra superficial de 2 cm de espesor medio, con un peso de 8,5 kg/m<sup>2</sup>, lo que significa un contenido salino de 7.583 toneladas.

Los análisis efectuados en este material dieron :

	Costra salina próxima a P. XXXIX Muestra M 27 %	En la zona de mayor concentración Muestra M 60 %
Insoluble en H <sub>2</sub> O.....	29,1780	21,3579

### *Salas solubles en Kg/ton.*

Bicarbonato de magnesio Mg (CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ...	2,25	1,11
Cloruro de sodio (NaCl).....	502,06	188,50
Sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> ).....	10,48	16,65
Sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> ).....	1,04	7,97
Sulfato de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).....	191,95	371,82



Fig. 9. — Vista aérea de la sulfaterra San Martín, tomada a 2.000 m de altura. Los cordones de médanos que rodean el cuerpo salino tienen dirección NW-SE. La zona de mayor concentración se nota como una mancha circular más oscura, hacia la izquierda de la sulfaterra.

Según estos análisis se dispondría, en los dos primeros centímetros, de 2.897 toneladas de sulfato de sodio, pero, para recuperar esta sal habría que eliminar 2.768 toneladas de impurezas, tarea que, sin una planta apropiada, se tornaría muy difícil, dada la naturaleza de las mismas.

Para estudiar el depósito se efectuaron 60 perforaciones hasta alcanzar la primer napa de agua. A continuación se dan los resultados obtenidos al analizarla, ordenados según un perfil longitudinal de NW a SE. Para la ubicación, profundidad y nivel piezométrico, consúltese la figura 15.

*Aguas. Perfil longitudinal en agosto de 1947*

Muestra N°.....	(21)	(22)	(23)
Nivel piezométrico.....	1,18	1,30	1.00

*Referencias físico-químicas*

Reac. a la fenolf. en frío.....	no vira	no vira	no vira
Reac. a la fenolf. en caliente.....	alc. déb.	alc. déb.	alc. déb.
Residuo seco a 180°C..... Kg/m <sup>3</sup>	127,4000	147,3000	148,6000
Alcalinidad en CO <sub>2</sub> Ca..... »	0,3100	0,0850	0,0900

*Evaluaciones químicas*

Carbonatos y bic. en CO <sub>2</sub> H % <sub>100</sub>	0,3782	0,1037	0,1098
Cloruros en Cl..... »	53,2000	71,6300	69,5000
Nitratos en NO <sub>2</sub> ..... »	V	V	V
Nitritos en NO..... »	V	V	V
Sulfatos en SO <sub>4</sub> ..... »	26,6652	19,4228	24,2785
Amoniaco en NH <sub>4</sub> ..... »	V	V	V
Calcio en Ca..... »	0,6100	0,5800	0,4900
Magnesio en Mg..... »	0,6458	0,3738	0,3329
Potasio en K..... »	1,1000	1,5500	1,3320
Sodio (calculado) en Na..... »	44,8545	53,5173	52,5472

*Investigaciones especiales*

Arsénico.....	V	V	V
Bromo.....	0,0080	0,0160	0,0192
Yodo.....	V	V	V
Flúor.....	0,1	0,1	0,1
Vanadio.....	0,0	0,0	0,5

*Combinaciones probables*

Bicarbonato de magnesio Kg/m <sup>3</sup>	0,4536	0,1243	0,1316
Cloruro de potasio..... »	2,0976	2,9557	2,5400
Cloruro de sodio..... »	86,0573	115,7670	148,5875
Sulfato de calcio..... »	2,0740	1,9720	1,6660
Sulfato de magnesio..... »	2,8160	1,7355	1,5247
Sulfato de sodio..... »	33,9540	24,6207	32,3737
Bromuro de magnesio... »	0,0092	0,0184	0,0221
<b>Suma.....</b>	<b>127,4617</b>	<b>147,1936</b>	<b>148,6096</b>

Muestra N <sup>o</sup> .....	(24)	(26)	(27)
Nivel piezométrico.....	1,20	0,80	0,80

*Referencias físico-químicas*

Reac. a la fenolf. en frío.....	no vira	no vira	no vira
Reac. a la fenolf. en caliente....	alc. déb.	alc. déb.	alc. déb.
Residuo seco a 180°C..... Kg/m <sup>3</sup>	180,2000	206,0000	128,0000
Alcalinidad en CO <sub>2</sub> Ca..... »	0,2300	0,2000	0,1700

*Evaluaciones químicas*

Carbonatos y bic. en CO <sub>2</sub> H. <sup>o/100</sup>	0,2806	0,2000	0,2074
Cloruros en Cl..... »	68,0832	113,4720	50,5305
Nitratos en NO <sub>3</sub> ..... »	V	V	V
Nitritos en NO <sub>2</sub> ..... »	V	V	V
Sulfatos en SO <sub>4</sub> ..... »	45,3470	19,0936	29,7100
Amoníacos en NH <sub>4</sub> ..... »	V	V	V
Calcio en Ca..... »	0,3200	0,3500	0,4700
Magnesio en Mg..... »	0,2983	0,4390	0,2027
Potasio en K..... »	1,8020	2,0400	1,8770
Sodio (calculado) en Na..... »	64,0043	70,4055	45,0656

*Investigaciones especiales*

Arsénico.....	V	V	V
Bromo.....	0,0220	0,0220	0,0270
Iodo.....	V	V	—
Flúor.....	0,1	0,1	—
Vanadio.....	0,0	0,0	—

*Combinaciones probables*

Bicarbonato de magnesio Kg/m <sup>3</sup>	0,3365	0,2926	0,2487
Cloruro de potasio..... »	3,4363	3,8901	3,5792
Cloruro de sodio..... »	109,5432	174,0124	80,4950
Sulfato de calcio..... »	1,0880	1,1900	1,5980
Sulfato de magnesio..... »	1,1828	1,9151	0,7783
Sulfato de sodio..... »	64,5453	24,7406	41,3599
Bromuro de magnesio..... »	0,0253	0,0253	0,0311
Suma.....	180,1574	206,0661	128,0902

Muestra N <sup>o</sup> .....	(28)	(29)	(30) †
Nivel piezométrico.....	0,80	0,91	1,26

*Referencias fisico-químicas*

Reac. a la fenolf. en frío.....	no vira	no vira	no vira
Reac. a la fenolf. en caliente....	alc. déb.	alc. déb.	alc. déb.
Residuo seco a 180°C.... Kg/m <sup>2</sup>	244,2000	242,6000	36,6000
Alcalinidad en CO <sub>2</sub> Ca.... »	0,1100	0,1600	0,0500

*Evaluaciones químicas*

Carbonatos y bic. en CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ° <sub>tit</sub>	0,1341	0,1951	0,0609
Cloruros en Cl..... »	122,3370	115,2450	1,2765
Nitratos en NO <sub>3</sub> ..... »	V	V	V
Nitritos en NO <sub>2</sub> ..... »	V	V	V
Sulfatos en SO <sub>4</sub> ..... »	28,3935	35,0590	23,3732
Amoníaco en NH <sub>3</sub> ..... »	V	V	V
Calcio en Ca..... »	0,4500	0,3850	0,4500
Magnesio en Mg..... »	0,5737	0,3158	0,0888
Potasio en K..... »	2,0800	2,0870	V
Sodio (calculado) en Na..... »	90,1793	89,3558	11,3786

*Investigaciones especiales*

Arsénico.....	V	V	—
Bromo.....	0,0320	0,0320	0,0
Iodo.....	V	V	0,0
Flúor.....	0,1	0,1	V
Vanadio.....	0,0	0,0	0,0

*Combinaciones probables*

Bicarbonato de magnesio Kg/m <sup>3</sup>	0,1608	0,2340	0,0730
Cloruro de potasio..... »	3,9664	3,9790	V
Cloruro de sodio..... »	198,5668	186,8661	2,1044
Sulfato de calcio..... »	1,5300	1,3090	1,5300
Sulfato de magnesio..... »	2,6822	1,3462	0,3525
Sulfato de sodio..... »	37,2366	48,9036	32,5681
Bromuro de magnesio.... »	0,0368	0,0368	0,0
Suma.....	244,1796	242,6947	36,6280

† El envase de la muestra n<sup>o</sup> 30 se rompió durante el viaje; debido a la baja temperatura cristalizaron en el fondo de la botella las sales que, disueltas hasta completar un litro en agua destilada, figuran en este análisis.

Muestra N<sup>o</sup>..... (31) (19)

*Referencias físico-químicas*

Reac. a la fenolf. en frío.....	no vira	alc. déb.
Reac. a la fenolf. en caliente.....	alc. déb.	alc. déb.
Residuo seco a 180°C..... Kg m <sup>3</sup>	147,7000	6,1250
Alcalinidad en CO <sub>2</sub> Ca..... »	0,1600	0,2175

*Evaluaciones químicas*

Carbonatos y bic. en CO <sub>2</sub> H.. ‰	0,1951	0,2660
Cloruros en Cl..... »	54,9630	1,3300
Nitratos en NO <sub>3</sub> ..... »	V	V
Nitritos en NO <sub>2</sub> ..... »	V	V
Sulfatos en SO <sub>4</sub> ..... »	38,5160	2,5143
Amoníaco en NH <sub>3</sub> ..... »	V	V
Calcio en Ca..... »	0,5400	0,0925
Magnesio en Mg..... »	0,3117	0,0426
Potasio en K..... »	0,7140	0,0136
Sodio (calculado) en Na..... »	52,5507	1,9726

*Investigaciones especiales*

Arsénico.....	V	V
Bromo.....	0,0192	—
Iodo.....	V	—
Flúor.....	0,1	V

*Combinaciones probables*

Bicarbonato de magnesio.. Kg m <sup>3</sup>	0,2340	0,2562
Cloruro de potasio..... »	1,3615	0,0259
Cloruro de sodio..... »	89,5409	2,1722
Sulfato de calcio..... »	1,8360	0,2564
Sulfato de magnesio..... »	1,3353	—
Sulfato de sodio..... »	53,4799	3,4514
Bromuro de magnesio..... »	0,0221	—
Suma.....	<b>147,8097</b>	<b>6,2316</b>

Ya habrá notado el lector la siguiente serie de fenómenos :

El nivel piezométrico de las aguas desciende, de NW a SE, a medida que desciende el terreno.

La mineralización aumenta hasta llegar a un máximo en la parte más baja de la cuenca.

Además de acusar la presencia de la napa freática, los pozos demuestran que la extensión más rica en sulfatos es pequeña. La parte que puede considerarse explotable, previa elaboración, cubre 7 hectáreas.

*Los sedimentos extraídos.* — Debemos estudiar ahora las muestras obtenidas en los pozos de cateo.

Se ha afirmado en ocasiones que esta sulfatera, como también el resto de las existentes en la región, renueva su contenido salino por aporte de aguas muy mineralizadas. Lo cierto es que las aguas inmediatas a ella (caso de M 19) al igual que todas las otras de la zona, no tienen una mineralización lo suficientemente elevada como para renovar, considerando las necesidades de una industria, dicho contenido salino. Las aguas de los pozos cavados dentro de la sulfatera están sobresaturadas simplemente porque se encuentran en contacto con el depósito salino, pero tan pronto nos alejamos de la zona de influencia de la cuenca, la mineralización baja hasta oscilar entre 1,24 y 8,44 gramos por litro.

Suele citarse como ejemplo de renovación (?) el caso de la sulfatera Unión I, pero conviene recordar que una vez agotada por la primer explotación fueron necesarios 7 años para que se formasen nuevas capas explotables, lo que se debió muy probablemente a recristalización del material salino residual producida después de lluvias.

Como se verá poco más adelante, no es concebible la explotación de este depósito sin someter previamente el material a recristalización y deshidratación. La verdadera reserva no consiste, en este cuerpo salino, en las miríadas de pequeños lentes de recristalización situados a diversos niveles. Si se insiste en explotarlos, como hasta ahora se ha hecho, la producción será escasa en tonelaje, variable en ley de pureza y caprichosa en lo que se refiere a labores de destape. En la San Martín existen aún pequeñas parvas, resultantes del último intento de explotación. Se las obtuvo acumulando mineral procedente de recristalización en viejas labores y su análisis revela un producto mediocre, como puede verse a continuación:

*M 30. Mineral de una pequeña parva en el extremo NE*  
*Evaluaciones químicas en Kg/ton.*

Bicarbonatos en $\text{CO}_3\text{H}^-$ .....	1,232
Carbonatos en $\text{CO}_3^{=}$ .....	0
Cloruros en $\text{Cl}^-$ .....	V
Sulfatos en $\text{SO}_4^{=}$ .....	656,744
Nitratos.....	0
Nitritos.....	V
Calcio en Ca.....	7,268
Magnesio en Mg.....	V
Potasio.....	V
Sodio (calculado) en Na.....	306,918

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C Kg/ton.*

Bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	1,635
Bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$ ..	V
Sulfato de calcio $\text{CaSO}_4$ .....	23,319
Sulfato de magnesio $\text{MgSO}_4$ .....	0
Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	947,237
Cloruro de sodio $\text{NaCl}$ .....	V
Insoluble .....	26,550
No dosado y pérdida.....	1,259

La reserva por excelencia está en las capas de arena, silt y arcilla que, contenidas entre los niveles -0,52 y -1,13 m (véase lám. I), se presentan como cribadas de nidos cristalinos constituyendo el « sulfato negro » de los mineros locales.

Por esta consideración conviene estimar primero los tonelajes que se obtendrían si se pudiese lixiviar todo el material de la cuenca, para extraer el total del sulfato existente y luego hacer el cálculo para la zona más mineralizada.

Las conclusiones se basan en los datos revelados por los 35 análisis que se citan a continuación. En ellos los materiales han sido agrupados siguiendo el orden de los pozos de cateo, parte de los cuales pueden consultarse en la figura 15.

*Análisis químico de las muestras extraídas en la sulfatera San Martín.*

Número del pozo.....	P. XXX	P. XXXI	P. XXXII
Espesor de la capa en m.....	0 a 1,18	0 a 1,30	0 a 1,00

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos $(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	1,334	2,255	3,798
Carbonatos $(\text{CO}_3)$ .....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	12,555	14,566	15,650
Sulfatos $(\text{SO}_4)$ .....	29,047	25,692	33,422
Nitratos $(\text{NO}_3)$ .....	0	0	0
Nitritos $(\text{NO}_2)$ .....	V	V	V
Calcio (Ca).....	7,082	7,394	7,776
Magnesio (Mg).....	0,227	V	4,130
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	13,992	14,105	17,794

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	0,026	2,994	1,506
Bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$ ..	1,365	V	2,484
Sulfato de calcio $\text{CaSO}_4$ .....	23,859	22,625	25,174
Sulfato de magnesio $\text{MgSO}_4$ .....	0	0	0
Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	18,055	14,381	23,598
Cloruro de sodio $\text{NaCl}$ .....	20,699	24,012	25,800
Insoluble .....	933,763	934,893	919,335
No dosado y pérdida .....	1,095	2,103	1,718

Número del pozo.....	P. XXXIII	P. XXXIV	P. XXXVI
Espesor de la capa en m.....	0,40 a 0,75	0 a 0,95	0 a 1,10

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	3,798	2,504	3,857
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	23,079	17,828	28,398
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	47,590	15,115	21,500
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	4,588	2,770	1,054
Magnesio (Mg).....	0,116	0,224	0,276
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	33,710	16,139	28,439

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	4,269	1,835	3,282
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0,700	1,315	1,661
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	12,016	7,881	0,827
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	57,847	14,129	30,940
Cloruro de sodio NaCl.....	38,047	29,389	46,815
Insoluble.....	885,403	944,181	913,689
No dosado y pérdida.....	1,718	1,240	2,777

Número del pozo.....	P. XXXVIII	P. XXXIX	P. XL
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,80	0 a 0,80	0 a 0,80

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	1,243	4,812	3,531
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	0,615	27,598	26,121
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	5,955	33,406	43,752
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	1,121	2,629	8,103
Magnesio (Mg).....	0,445	0,184	0,276
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	15,890	32,351	29,400

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	5,163	2,852
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,491	1,107	1,659
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	3,811	4,605	25,158
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0,978	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	3,676	14,604	38,450
Cloruro de sodio NaCl.....	1,013	45,498	43,065
Insoluble.....	988,279	896,100	886,129
No dosado y pérdida.....	0,752	2,923	2,687

Número del pozo.....	P. XLI	P. XLII	P. XLIII
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,89	0 a 0,76	0 a 0,71

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	1,881	1,902	1,454
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	24,782	7,371	36,120
Sulfatos (en SO <sub>4</sub> ).....	17,986	19,848	24,673
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	2,261	3,326	0,477
Magnesio (Mg).....	0,538	0,636	V
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	21,780	9,980	35,248

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	0	1,931
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	2,255	2,272	V
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	7,688	11,310	0
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0,813	1,270	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	17,617	15,441	36,495
Cloruro de sodio NaCl.....	40,854	12,152	59,546
Insoluble.....	929,189	955,301	900,953
No dosado y pérdida.....	1,584	2,244	1,075

Número del pozo.....	P. XLIV	P. XLV	P. XLVI
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,85	0 a 0,91	0 a 0,72

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	1,880	2,544	0,626
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	8,012	16,266	15,275
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	24,344	36,122	29,950
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	6,799	7,923	2,051
Magnesio (Mg).....	0,135	V	0,585
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	9,520	19,704	21,030

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,599	3,378	0
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	0,809	V	0,750
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	21,707	24,103	6,970
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0	0	2,270
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	13,346	28,263	34,330
Cloruro de sodio NaCl.....	12,860	26,814	25,180
Insoluble.....	947,308	916,388	930,170
No dosado y pérdida.....	2,371	1,054	0,330

Número del pozo.....	P. XLVI	P. XLVII	P. XLVII
Espesor de la capa en m.....	0,72 a 1,26	0 a 0,13	0,13 a 0,26

*Evoluciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	1,067	3,284	2,618
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	5,170	14,511	14,458
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	216,985	90,748	89,718
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	0,583	10,340	5,365
Magnesio (Mg).....	0,910	0,282	0,516
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	115,342	41,712	46,210

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	2,482	0,038
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	1,280	1,697	3,105
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	1,980	33,066	18,207
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	3,450	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	314,800	99,709	113,699
Cloruro de sodio NaCl.....	8,520	23,922	23,835
Insoluble.....	669,420	836,786	839,055
No dosado y pérdida.....	0,550	2,238	2,061

Número del pozo.....	P. XLVII	P. XLVII	P. XLVII
Espesor de la capa en m.....	0,26 a 0,74	0,74 a 0,89	0,89 a 1,08

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	2,247	2,531	0,617
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	5,039	2,575	1,076
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	58,217	58,295	73,274
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	2,526	1,348	0,202
Magnesio (Mg).....	1,404	0,226	V
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	27,020	23,628	35,811

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	1,855	0,819
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	2,695	1,360	V
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	8,589	3,030	0
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	3,249	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	73,310	83,213	108,478
Cloruro de sodio NaCl.....	8,306	4,245	1,775
Insoluble.....	901,642	905,601	888,304
No dosado y pérdida.....	2,209	0,692	0,624

Número del pozo.....	P. XLVIII	P. XLVIII	P. XLIX
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,32	0,32 a 0,72	0 a 1,60

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>2</sub> H).....	2,683	0,741	2,510
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	7,408	2,874	9,670
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	88,689	196,110	71,970
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	7,917	2,228	6,378
Magnesio (Mg).....	0,288	1,063	0,135
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	38,665	91,545	34,110

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>2</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,644	0	2,435
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>2</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,733	0,890	0,811
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	25,539	7,570	19,644
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0	4,530	0
Sulfato de sodio NaSO <sub>4</sub> .....	104,522	276,830	85,947
Cloruro de sodio NaCl.....	12,212	4,730	15,941
Insoluble.....	852,205	705,040	874,100
No dosado y pérdida.....	2,145	0,410	1,112

Número del pozo.....	P. III	P. III	P. III
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,37	0,37 a 0,77	0,77 a 1,02

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonatos (CO <sub>2</sub> H).....	1,260	0,307	1,354
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	18,436	10,372	6,618
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	31,169	12,867	116,243
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	4,760	0,101	0,444
Magnesio (Mg).....	0,407	V	V
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	21,066	12,893	59,995

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>2</sub> H) <sub>2</sub> .....	0,0	0,408	1,798
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>2</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,514	V	V
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	16,184	0	0
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0,768	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	28,300	19,033	171,946
Cloruro de sodio NaCl.....	30,244	17,099	10,910
Insoluble.....	922,185	962,900	814,366
No dosado y pérdida.....	0,805	0,560	0,980

*Pozos no numerados, para control de áreas dudosas*

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

	A	B	C
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	1,285	4,992	3,983
Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Cloruros (Cl).....	18,671	8,705	6,947
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	32,630	71,894	281,612
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	V	V	V
Calcio (Ca).....	0,316	2,660	9,142
Magnesio (Mg).....	0,064	0,245	0,570
Potasio (K).....	V	V	V
Sodio (calculado en Na).....	27,744	38,456	129,362

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	1,279	4,993	1,490
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	0,385	1,477	3,432
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	0	4,852	29,833
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0	0	0
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	48,266	101,281	385,409
Cloruro de sodio NaCl.....	30,779	14,350	11,453
Insoluble.....	918,066	871,113	566,391
Pérdida y no dosado.....	1,225	1,934	1,992

**A.** A pocos metros de **P. XXXIX**. Arena y silt con poco sulfato entre 0,35 y 1,12 m de profundidad.

**B.** Cerca del borde norte de la zona de mayor concentración; recubierto por 0,85 m de arenas estériles.

**C.** A pocos metros de **P. III**, entre 0,45 y 1,25 m de profundidad.

Ajustándose a los análisis anteriores, se puede establecer el siguiente resumen:

*Ley del mineral en Kg/ton.*

	Considerando toda la cuenca <sup>1</sup> .	Considerando la zona de mayor concentración <sup>2</sup> .
Sulfato de sodio en Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	80,2967	154,35
Insoluble.....	880,2751	815,26
Otras sales que deben ser eliminadas.....	39,4282	30,39

<sup>1</sup> Para obtener 80,3 kg de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hay que manipular 919,7 kg de mineral.

<sup>2</sup> Para obtener 154,35 kg de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hay que manipular 845,65 kg de mineral.

Los contenidos medios en sulfato de sodio son muy bajos, ya se consideren en toda la cuenca, ya sólo en el extremo noreste; alcanzan respectivamente a 8 y 15,4 %.

Es probable que esta afirmación sea discutida si no se tiene una concepción exacta del depósito. En explotaciones anteriores se han obtenido rendimientos que alcanzaron a 94,7 %, pero téngase en cuenta que la extracción se limitó al material de los lentes, en la zona de mayor acumulación. Se comprenderá que, dado el pequeño tamaño y la irregularidad de tales «nidos», es inadmisibile un cálculo serio de la ley del mineral basado únicamente en el contenido salino de los mismos.

Conocida la ley y calculando con un peso específico de 1.900 kg/m<sup>3</sup> para la mezcla arena-arcilla-sulfato, estamos en condiciones de establecer la cantidad disponible.

*Cantidad disponible de sulfato de sodio*

	Superficie Ha.	Materia prima (m <sup>3</sup> )	Materia prima (ton.)	SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> (ton.)
En todo el yacimiento (prof. media = 1,087 m).....	89	967.500	1.840.000	147.200
En la zona de mayor concentración. (prof. media = 1,50 m).....	7	105.000	200.000	30.800

*Condiciones del yacimiento.* — Salvo las siete hectáreas cubiertas por la zona de mayor concentración, que son tal vez las únicas económicamente explotables, no estudiaremos con mucho detalle el resto de la cuenca; los análisis anteriores demuestran que, fuera de dicha zona, el contenido en sulfato es demasiado bajo y no se justifica un estudio detallado si el objetivo que se persigue es la explotación de dicho material.

Dentro de la parte más mineralizada la principal característica es la irregularidad. Entre dos pozos de cateo separados por pocos metros existen diferencias notables en lo referente a sucesión de estratos y contenido salino.

La descripción individual de cada uno de los pozos no cabe en este trabajo por razón de espacio. A los efectos del control, ella figura en las libretas de viaje, donde puede ser consultada. Como término medio de las condiciones se eligió un lugar situado algunos metros al sur de P. XLVI, donde los materiales se encuentran *in situ*, a diferencia del resto de los mismos, muy removidos por viejas labores en el extremo SE.

*La sucesión y aspecto* se muestran en el perfil fotográfico de lámina I. El material rico en sulfato, con espesor medio de 61 cm, está recubierto por 52 cm de sobrecarga; reposa sobre un estrato de arena de 15 cm y otro de silt y arcilla de 45 cm de espesor.

Como yaciente se encuentra arena cementada por sulfato de sodio, M 53, en espesores de 25 cm. La sal ha perdido parte de su agua de cristalización y la mezcla se ha endurecido tanto que, para extraerla en cantidades apreciables, sería necesario dinamitarla.

El perfil granulométrico indica tres grupos de sedimentos muy diferenciados entre sí. El primero representa las arenas cólicas del médano fuera de los niveles que sufren la influencia de las sales.

El segundo, M 49, 50, 51, 52 y 54, representa los sedimentos impregnados por sales que rellenan la cuenca. Ellos son más finos que los del grupo anterior porque dicha cuenca suele transformarse temporariamente en un cuerpo de agua donde se depositan los elementos finos

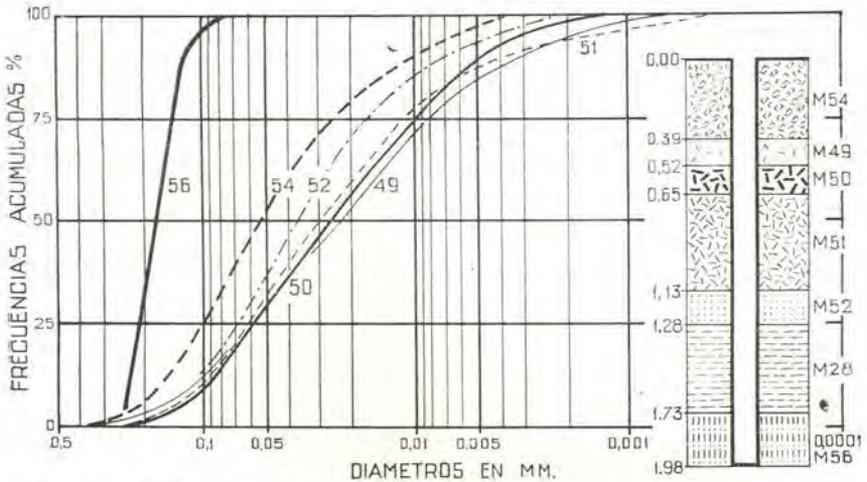


Fig. 10. — Perfil granulométrico de la zona más mineralizada en la sulfatara San Martín

arrastrados por el viento. Por otra parte, cualquier tamaño de grano depositado en un ambiente de tal concentración salina, terminaría afinándose por disgregación después de varias recristalizaciones. En este lugar la naturaleza sigue el mismo proceso empleado en los laboratorios sedimentológicos para disgregar rocas valiéndose de soluciones de sulfato de sodio.

En el tercer grupo, M 56, encontramos las mismas arenas cólicas del primero, sirviendo de yaciente al depósito salino.

Los silts arcillosos M 49, 50 y 51, de la misma manera que los abundantes lentes de análogos sedimentos situados a diversos niveles, son materiales que difícilmente permiten el paso del agua a través de ellos. Para someterlos al análisis granulométrico fué necesario eliminar de antemano las sales solubles.

Esto se hizo lavándolos sobre embudo de Buchner, de 7,5 cm de diámetro, acoplado a una bomba de vacío que trabajó a 73 cm de

depresión. El espesor del sedimento alcanzó a 2 cm. Repartido así el sedimento, en un área de 44,17 cm<sup>2</sup>, debió soportar una presión equivalente a 1,0027 kg/cm<sup>2</sup>. El caudal no sobrepasó en ningún caso los 0,08 cm<sup>3</sup> por minuto.

En la fórmula

$$Q = k \frac{\Delta p \cdot s}{\delta}$$

Q = caudal;  $\Delta p$  = diferencia de presiones;  $s$  = superficie;  $\delta$  = espesor del sedimento;  $k$  = coeficiente de permeabilidad.

Efectuado el cálculo se tiene  $k = 6,04 \times 10^{-8}$ , valor que indica un sedimento altamente impermeable.

*Aspectos petrográficos*: La costra salina superior M 60 no se estudió petrográficamente. Su contenido de sales ya ha sido citado.

Por debajo hay 37 cm de vidrio volcánico, M 54, con las siguientes características:

Sales solubles en agua.....	8,25 %
Material arenoso.....	68,85 %
Material arcilloso.....	22,90 %

Residuo pesado en el material arenoso: 0,4 %.

Hipersteno, hornblenda, augita, granate, magnetita, zircón, biotita, apatita, hornblenda basáltica, titanaugita, titanita, limonita, hematita, andalusita, epidoto y rutilo.

Minerales livianos: 99,6 %.

En su mayor parte vidrio volcánico; escaso cuarzo y feldespato.

Al microscopio se observa:

Granos mayores de 0,417 mm. Cuarzo, redondeado a subredondeado, en granos lípidos. Muy poca biotita y muscovita.

Granos entre 0,417 y 0,088 mm. Predomina vidrio volcánico; algo de biotita, plagioclasa zonal, feldespato potásico y granos de pasta sílicea micro a criptocrystalina. Algo de cuarzo en granos angulosos.

Granos entre 0,088 y 0,053 mm. Mayor predominio de vidrio volcánico en fragmentos angulosos y más recubiertos por hidróxido de hierro.

Por debajo de la capa de vidrio hay un estrato de arena, M 49, caracterizado como sigue:

Residuo pesado: 0,89 %.

Minerales pesados muy variados: magnetita, hipersteno, granate, hornblenda, augita, hornblenda basáltica, zoisita, apatita, zircón, rutilo, muscovita, biotita, turmalina, titanita, titanaugita, epidoto y limonita.

Minerales livianos : 99,11 %.

Cuarzo, feldespato en partes alterado, plagioclasa, vidrio y ceniza volcánica ; restos de pasta silícea micro a criptocristalina.

Entre 1,13 y 1,28 m de profundidad se encuentran las arenas y silts arcillosos M 52, en los que se comprueba :

Residuo pesado : 0,2 %.

Asociación de minerales muy parecida a la anterior. Magnetita, limonita, hematita, hipersteno, hornblenda, hornblenda basáltica, augita, biotita, granate, apatita, titanita, epidoto, zoisita, rutilo, zircón ; más escasos son turmalina, cianita, estauroлита y andalusita.

Minerales livianos : 99,8 %.

Ceniza, vidrio, cuarzo, feldespato, muscovita, pasta silícea micro a criptocristalina, feldespato alterado, escasísima plagioclasa zonal y granos calcáreos.

En el yacimiento, entre 1,73 y 1,98 m de profundidad, encontramos las arenas M 56, materiales eólicos que desprovistos del contenido salino se presentan iguales a las arenas de los médanos que rodean la sulfatera.

El residuo pesado (2,3 %) contiene una asociación análoga a la muestra citada anteriormente. Entre los minerales livianos predomina cuarzo en granos angulosos y subangulosos ; en menor cantidad, feldespato, vidrio, muscovita y granos de pasta silícea.

Estas arenas presentan el mismo fenómeno ya comentado al comienzo del informe. La curva es típicamente eólica, pero, en término medio, contienen 50 % de granos no trabajados.

*Necesidad de una planta recristalizadora.* — Conocidas ya las condiciones del depósito, corresponde encarar el problema de la explotación de la sulfatera San Martín, la cual puede ser considerada desde dos puntos de vista : en pequeña y en gran escala.

En el primer caso, aplicando el tipo de explotación hasta ahora realizado, podrían obtenerse ganancias moderadas dado lo exiguo de los gastos que el mismo irroga. Para el segundo caso conviene considerar primero plantas ya existentes para manipular minerales que pueden ser comparables a los del depósito que nos ocupa.

Puede apreciarse la magnitud de las instalaciones que serían necesarias para explotar la sulfatera San Martín en escala industrial, por medio de los siguientes ejemplos.

En la cuenca del Gran Lago Salado, cerca de la ciudad de Salt Lake (Utah), la Salt Lake Sodium Products Co. poseía (véase Martín, 1938) un yacimiento de sulfato de sodio de características bastante semejantes, en lo que se refiere a condiciones del mineral, al que estudiamos aquí.

En el citado lugar la capa explotable cubre una enorme extensión, con espesores que varían entre 0,30 y 3 metros. Está constituida por:

SO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> .....	20 %
Agua.....	20 %
Arena y arcilla.....	60 %

Después de muchos ensayos, seguidos de un largo período de experimentación, la compañía tuvo que instalar la complicada planta que se cita a continuación. Según Martín, funciona satisfactoriamente y produce sulfato de 97,94 % de pureza.

Las operaciones necesarias se efectúan en el siguiente orden:

Retirar la sobrecarga con palas mecánicas.

Con la misma pala, cargar el mineral en camiones y transportarlo hasta la planta refinadora.

Moler el mineral en molinos de rollos.

Con un transportador de cinta, pasarlo a un tanque de disolución provisto de agitadores de hélice, calentando 15 minutos 65°C.

Pasarlo a un clasificador Dorr de 1,50 × 4,80 m, donde se elimina la arena.

La solución de sulfato pasa a 3 tanques decantadores de 4,80 × 5,40 m, donde permanece en reposo 24 horas.

Impulsadas por bombas centrífugas, se lleva la solución a tanques donde se la calienta a 65°C.

Se evapora la solución en tres torres verticales con calefacción a vapor.

Se pasa la mezcla de sulfato cristalizado y agua por un Dorr de 4,80 × 0,76 m. La parte cristalizada es transportada a una centrífuga, donde termina de secarse; la solución vuelve a las torres evaporadoras a las cuales se agrega agua procedente de la centrífuga y, una vez concentrada, se pasa nuevamente por el Dorr.

La torta de sal que se forma en las torres evaporadoras, termina de secarse en un secador horizontal de 1,20 × 5,40 m.

El sulfato seco se tamiza por malla de 0,589 mm.

La última operación consiste en el embolsado del producto.

Un segundo caso es el de los depósitos en Campo Verde, Arizona (Mc Dermid, 1934). Allí el sulfato se explota por medio de galerías. En la mina «hay una espesa serie de sedimentos que consisten principalmente en arcillas, cloruro de sodio, sulfato de sodio y sulfato de calcio».

Sin considerar las labores de extracción, el proceso de purificación del mineral requiere, como se vió en el esquema, una planta complicada.

El autor citado no especifica la composición de la materia prima.

Existiendo en grandes cantidades, el sulfato de sodio es recuperable económicamente aún partiendo de tenores bajos. En el tratamiento Guggenheim del nitrato de sodio, después de extraída esta sal, se

lixivian los residuos a 20°C, obteniéndose soluciones que contienen alrededor de 12,5% de sulfato de sodio. Enfriadas a 0°C depositan

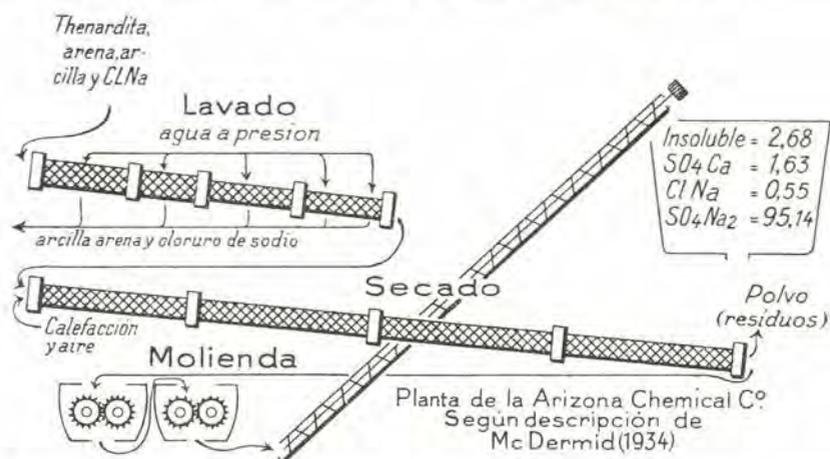


Fig. 11. — Esquema de la planta de purificación de sulfato de sodio en Campo Verde, Arizona.

crisales con 10 moléculas de agua y la solución queda empobrecida hasta 4,5%.

El decahidrato se centrifuga y pasa luego a la planta deshidratadora que consiste en una torre de calefacción a petróleo, un dispositivo para recoger los crisales, filtro y secador rotatorio.

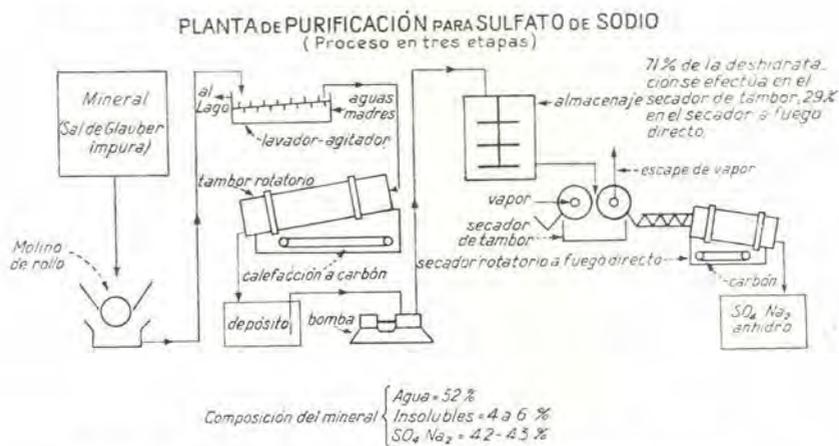


Fig. 12. — Planta purificadora de sulfato de sodio en Horseshoe Lake, Sask.

A través de la torre y del recolector de crisales se hace circular una solución de sulfato calentada hasta 70°C. El decahidrato penetra en esta solución caliente y, como su punto de fusión es 33°C, se obtiene

rápida una solución muy cargada, que luego se evapora en la torre, en forma de lluvia fina.

Resulta así una mezcla de sulfato anhidro, sulfato hidratado y solución saturada de la misma sal; esta mezcla se pasa por el filtro y se termina el secado en un secador rotatorio. El producto obtenido tiene 3<sup>o</sup>/<sub>o</sub> de impurezas y se emplea en la fabricación de papel Kraft (Mudd, 1937).

Como último ejemplo, se esquematiza a continuación la planta descrita por Pierce en 1937 para la explotación de la sal de Glauber en Horseshoe Lake, Sask.

Por lo explicado puede notarse que, cuando el sulfato se presenta en el yacimiento junto con insoluble, ya sea parcialmente deshidratado o no, se necesitan plantas costosas para su purificación.

No nos corresponde analizar el costo de producción, dado que el mismo deberá ser establecido por el organismo adecuado, que en este caso es el Banco de Crédito Industrial. Tan sólo debemos dejar constancia de los múltiples inconvenientes que a nuestro juicio presentaría la explotación en gran escala de esta sulfatera.

Entre otros, podemos citar:

1) La ley muy baja del mineral, que obligará a manejar grandes toneladas de materia prima para obtener una producción diaria que compense los gastos a realizar.

2) Los caminos no existen actualmente en la región y ya se han estudiado las dificultades que presentará la construcción de los mismos.

3) Los elementos de la futura planta deberán ser transportados a una región prácticamente desierta, circunstancia que la encarecerá notablemente.

4) Como se ha visto en los análisis, las aguas de la región son inaptas para el consumo. Como en la zona abunda el combustible, la calefacción deberá efectuarse con vapor; esas aguas son incrustantes y tendrán que ser ablandadas previamente si se desea mantener las calderas en buen estado.

5) A los inconvenientes citados anteriormente debe agregarse la circunstancia de que, en el caso de ser intensificada la explotación en los yacimientos de la Gobernación de La Pampa, muy superiores en calidad y cantidad, el sulfato de sodio producido en el Dpto. Lavalle (Mendoza) no podría competir en el principal mercado consumidor que es, como se verá, el de la industria de la celulosa.

Cabe destacar que en el yacimiento de la citada gobernación la extracción del mineral puede efectuarse, en caso necesario, sin la intervención de planta purificadora alguna. Demás está decir lo que esto influye sobre el precio de costo.

*Producción y usos del sulfato de sodio en el país.* — Debo a la gentileza del ingeniero L. Gherardi los siguientes datos estadísticos, que pueden tener interés general.

*Producción en toneladas*

Procedencia	1942	1943	1944	1945
Buenos Aires.....	598	90	291	5.016
Córdoba.....	—	—	208	—
Mendoza.....	1.102	571	72	—
San Juan.....	—	—	100	100
La Pampa.....	8.455	11.995	6.031	8.250
Totales.....	10.155	12.656	6.702	13.366

Se considera que el sulfato de sodio se consume mensualmente en cantidades superiores a las 1.000 toneladas. De esta cantidad alrededor del 35 % se emplea en la industria de la pulpa del papel; el resto se distribuye en: fabricación de vidrio, silicato y sulfuro de sodio, jabones, productos medicinales y de veterinaria, en la metalurgia del cobre, antimonio y plata, etc.

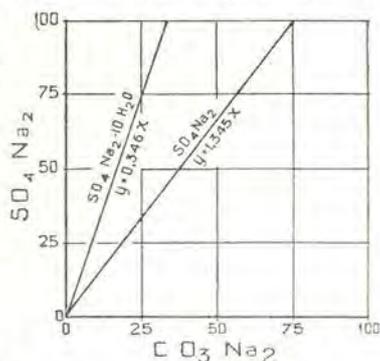
Durante el año 1945 las fábricas de vidrio del país emplearon como fuente de óxido de sodio:

	Kg	%
Carbonato de soda (soda Solway de procedencia extranjera).....	2.518.342	64,8
Sulfato de sodio, de procedencia extranjera.....	956.796	24,8
Sulfato de sodio (nacional).....	410.140	10,4

La preferencia por el carbonato de sodio es fácil de explicar; entre otras ventajas, la soda Solway tiene la de ser un producto muy puro. Además, como fuente de óxido de sodio, está con respecto al sulfato en razón de 1,4 a 1.

En el gráfico se determinan las cantidades a emplearse en el caso que fuese necesario reemplazar el carbonato por el sulfato.

En cuanto a que se prefiera sulfato de procedencia extranjera al de producción nacional, es probable que ello se deba a la mejor calidad del primero.



*Las sulfateras Unión I y II*

Situados a 4 km al Sur de El Encón, en las inmediaciones del cauce abandonado conocido localmente con el nombre de « Pozo con carrizo », estos cuerpos salinos repiten, en menor escala, las mismas condiciones de yacimiento ya descriptas para la sulfatera San Martín.



Fig. 13. — Sulfidación La Unión I (arriba) y II (a la izquierda). Separando los dos cuerpos, se ve la línea sinuosa de un cañee abandonado; en el primer plano, hacia el extremo izquierdo, los melanos son reemplazados por salitres.

Nos limitaremos aquí a consignar los aspectos más importantes desde el punto de vista de la explotación.

Seleccionando entre los pozos que contienen mayor cantidad de sulfato de sodio encontramos, recubiertos por sobrecargas que varían entre 0,10 y 0,30 m, los siguientes materiales :

Número del pozo.....	P. V	P. V
Espesor de la capa en m.....	0,28 a 0,67	0,67 a 1,05

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	2,3180	1,8300
Cloruros (Cl).....	0,6400	2,6600
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	0	0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	235,3780	153,0780
Calcio (Ca).....	26,0000	57,0000
Magnesio (Mg).....	1,3000	1,7480
Sodio (calculado en Na).....	81,7210	6,9088

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	0
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	3,2634	2,7399
Cloruro de sodio NaCl.....	1,2386	5,4742
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	103,7708	241,9399
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	4,8669	8,5435
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	294,6151	19,9763
Insoluble.....	588,8172	719,1783
No dosado y pérdida.....	3,4280	2,1479

Número del pozo.....	P. V <sup>1</sup>	P. VII
Espesor de la capa en m.....	—	0 a 0,18

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	3,0500	2,1350
Cloruros (Cl).....	2,1280	0,7450
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	0	0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	640,2940	542,3570
Calcio (Ca).....	1,2009	2,9000
Magnesio (Mg).....	0,1090	1,5290
Sodio (calculado en Na).....	307,7724	254,9580

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	3,3630	—
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	0,6640	3,0456
Cloruro de sodio NaCl.....	3,5490	1,4607
Sulfato de Calcio CaSO <sub>4</sub> .....	1,3055	11,7282
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	—	6,4937
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> .....	956,9200	934,3478
Insoluble.....	31,9237	40,4896
No dosado y pérdida.....	2,2748	2,4344

Número del pozo.....	P. VII	P. VIII
Espesor de la capa en m.....	0,18 a 0,63	0,26 a 0,90

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	3,3550	1,8300
Cloruros (Cl).....	0,3550	0,8860
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	0	0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	454,2960	329,7000
Calcio (Ca).....	10,4000	24,0000
Magnesio (Mg).....	0,2800	0,4370
Sodio (calculado en Na).....	206,7032	130,8281

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	2,9587	—
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	1,9246	2,3536
Cloruro de sodio NaCl.....	0,6686	1,5663
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	37,9155	87,5078
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	—	0,3836
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	728,1647	431,1778
Insoluble.....	224,8897	474,2153
No dosado y pérdida.....	3,4782	2,7956

<sup>1</sup> Sulfato de sodio recristalizado por lluvias, en lentes muy irregulares.

Como puede verse en la figura 17, la Unión I es poco significativa para que pueda considerársela como reserva destinada a la industria; menor aún es la Unión II. En la segunda se encuentran todavía restos de viejas parvas de mineral recristalizado de las cuales se obtuvo un común que, analizado, dió el resultado siguiente:

Bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	1,0734	Kgs/ ton.
Bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	3,5087	»
Cloruro de sodio $\text{NaCl}$ .....	4,8804	»
Sulfato de calcio $\text{CaSO}_4$ .....	53,5895	»
Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	664,1578	»
Insoluble en agua.....	270,3938	»
Pérdida y no dosado.....	2,3964	»

Nótese que, aun tratándose de mineral enriquecido por recristalización, la calidad es inferior.

En los pozos que presentaban mayor abundancia de mineral se obtuvo:

SULFATERA LA UNIÓN II

Número del pozo.....	P. II	P. II
Espesor de la capa en m.....	0 a 0,10	0,10 a 0,60

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Carbonatos ( $\text{CO}_3$ ).....	0	0
Bicarbonatos ( $\text{CO}_3\text{H}$ ).....	2,1350	3,3550
Cloruros (Cl).....	1,7730	0,7800
Nitratos ( $\text{NO}_3$ ).....	0	0
Nitritos ( $\text{NO}_2$ ).....	0	0
Sulfatos ( $\text{SO}_4$ ).....	559,6400	303,6870
Calcio (Ca).....	4,9000	11,3000
Magnesio en Mg.....	0,5680	0,3050
Sodio (calculado en Na).....	263,4543	133,7248

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg ton.)*

Bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	—	3,7673
Bicarbonato de magnesio $\text{Mg}(\text{CO}_3\text{H})_2$ .....	2,8413	2,8528
Cloruro de sodio $\text{NaCl}$ .....	3,2434	1,9992
Sulfato de calcio $\text{CaSO}_4$ .....	18,4873	56,5691
Sulfato de magnesio $\text{MgSO}_4$ .....	0,7823	—
Sulfato de sodio $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	898,3880	639,3221
Insoluble.....	74,1266	291,1934
No dosado y pérdida.....	2,1311	4,2961

Número del pozo.....	<b>P. II</b>	<b>P. II</b>
Espesor de la capa en m.....	0,60 a 0,90	0,90 a 1,20

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg ton.)*

Carbonatos (CO <sub>3</sub> ).....	0	0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	0,8500	3,9650
Cloruros (Cl).....	8,7920	17,7300
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	0	0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	11,8510	52,6720
Calcio (Ca).....	0,4500	5,7500
Magnesio (Mg).....	0,2400	1,0160
Sodio (calculado en Na).....	10,7298	29,6988

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	0	0
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	1,1720	5,1036
Cloruro de sodio NaCl.....	16,6635	31,3711
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	1,7590	20,9831
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub> .....	0,4016	1,1990
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	17,8434	60,2994
Insoluble.....	960,9905	877,7539
No dosado y pérdida.....	1,1700	3,2897

Agregamos a continuación el resumen correspondiente:

	<b>Unión I</b>	<b>Unión II</b>
Ley media del mineral, en Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Kg ton.).....	418,8	404
Insoluble (térn. med. Kg/ton.)..	409,5	551
Sales que deberían eliminarse por recristalización (Kg/ton.).....	108,7	45
Superficie explotable, en m <sup>2</sup> .....	21.000	2.300
Espesor medio del material explo- table en m.....	0,41	0,30
	<b>Unión I</b>	<b>Unión II</b>
Cantidad existente de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (to- neladas).....	6.800 (aprox.)	60 (aprox.)
Cantidad de materia prima que será necesario manipular para extraer el sulfato (ton.).....	9.559 (aprox.)	1.250 (aprox.)

*Sulfatera María Luisa*

Junto con la Martha, esta sulfatera repite el caso de la San Martín en lo que a apariencia exterior se refiere. La costra salina superficial de 1 a 3 cm de espesor cubre 3,6 Ha., pero el depósito que tal vez pudiese considerarse explotable se extiende sólo en una hectárea, con espesor medio de 0,60 m.

El mineral es de baja ley (108 Kg/ton.). Hace varios años se intentó una explotación redisolviendo la sal en cubas; no se conocen las causas que obligaron a abandonarla.

En el pozo P. IV, único que demostró materiales medianamente aceptables, los análisis dieron los resultados que se expresan a continuación:

SULFATERA MARÍA LUISA

Número del pozo .....	P. IV	P. IV
Espesor de la capa en m.....	0,20 a 0,80	0,80 a 1,74

*Evaluaciones químicas, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Carbonatos (CO <sub>3</sub> ) .....	0	0
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	3,9650	5,1850
Cloruros (Cl).....	0,5500	0,9000
Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	0	0
Nitritos (NO <sub>2</sub> ).....	0	0
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) .....	171,1840	53,4950
Calcio (Ca).....	12,0000	1,8000
Magnesio (Mg).....	0,3060	0,2840
Sodio (calculado en Na).....	69,5031	25,5660

*Combinaciones probables, calculadas en materia seca a 230°C (Kg/ton.)*

Bicarbonato de calcio Ca(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> .....	3,5130	5,3848
Bicarbonato de magnesio Mg(CO <sub>3</sub> H) <sub>2</sub> ..	2,0045	1,8427
Cloruro de sodio NaCl.....	0,9872	1,6001
Sulfato de calcio CaSO <sub>4</sub> .....	41,4741	2,0847
Sulfato de sodio Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	232,3935	83,1668
Insoluble .....	716,4238	903,9735
No dosado y pérdida.....	3,2039	1,9474

## Resumen y conclusiones

*Aspectos geológicos.* — La región descripta se extiende, aproximadamente, entre los  $67^{\circ}10'$  y  $68^{\circ}10'$  de longitud W y  $32^{\circ}5'$  a  $32^{\circ}30'$  de latitud sur.

Consiste en una enorme cuenca de relleno y sólo son observables, en su superficie, cuaternario y reciente.

En ella, pueden encontrarse:

Médanos, cubriendo alrededor del 93 % de la superficie; cauces actuales y abandonados (2,4 %), predominando los últimos; bañados (zonas inundables) debidos a divagación de cauces fluviales (2,2 %); yeseras (0,7 %) y sulfateras (1,7 %).

El paisaje de médanos, a pesar de su extensión preponderante, se ha desarrollado en épocas muy recientes. Con toda probabilidad, es de nuestros días. Sólo por la selección puede considerarse que las arenas contenidas en el mismo son eólicas. El resto de los caracteres no ha sido aún influenciado y ellos demuestran más bien arenas fluviales.

Las sulfateras, que motivan este trabajo, están contenidas entre las depresiones de los médanos y se deben, parte al afloramiento de la napa freática y parte a acumulación de sales disueltas por las aguas en su recorrido al SE entre los médanos.

*Aspectos geológico-económicos.* — Se describen las sulfateras San Martín, Unión I, Unión II y María Luisa, especificando las características topográficas del yacimiento, superficie, superficie de explotación probable, ley del mineral, composición de la materia prima y cantidades disponibles.

Se considera imposible una explotación en escala industrial si no se erigen plantas recrystalizadoras apropiadas. Es posible la explotación si se continúa efectuándola en la forma actual, con « instalaciones » y sistemas de extracción que demanden gastos mínimos, utilizado las pequeñas cantidades extraídas en mercados próximos, como es el de San Juan.

Como recurso para producción en gran escala, estas sulfateras *no pueden tenerse en cuenta*, ni aún en el caso de que se las explotase en conjunto. Esto se debe a los siguientes factores: Reserva pequeña, que no justifica la instalación de plantas recrystalizadoras y secadoras, indispensables para manipular el tipo de materia prima estudiado en el presente trabajo.

Necesidad de hacer accesible la zona con una red de caminos que también resultará costosa.

Necesidad de proveer de aguas potables a la zona, por medio de perforaciones profundas. Desde el punto de vista dietético, que ha sido con-

sultado con especialistas, es absolutamente inadmisibles recomendar el abastecimiento de agua potable para una población minera utilizando las fuentes disponibles actualmente en la región.

*Aspectos hidrogeológicos.* — En 32 análisis, se estudian las características de todas las aguas superficiales y de primera napa en la región.

Agrupadas según el paisaje a que pertenecen, se tiene, en término medio:

	Mólanos (Freáticas)	Bañados (Freáticas)
Residuo seco a 180°C mg/l.....	4,405	4,460
Dureza total en CO <sub>3</sub> Ca.....	1,641	2,200
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca)....	217,000	198,000
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	265,000	242,000
Cloruros (Cl).....	1,900	470,000
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	3,045	2,524
Calcio (Ca).....	592,000	547,000
Magnesio (Mg).....	141,000	201,000
Flúor (Fl).....	entre <1 y 3	>3
Hierro y Aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	V	V
Sílice (SiO <sub>2</sub> ).....	49,000	60,000

	Cursos abandonados (Superficiales)	(Freáticas)
Residuo seco a 180°C mg/l.....	32,843	1,861
Dureza total en CO <sub>3</sub> Ca.....	3,212	1,261
Alcalinidad de bicarbonatos (CO <sub>3</sub> Ca)....	298	213
Bicarbonatos (CO <sub>3</sub> H).....	364	259
Cloruros (Cl).....	8,822	100
Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	12,515	1,045
Calcio (Ca).....	733	383
Magnesio (Mg).....	492	75
Flúor (Fl).....	>1	alrededor de 1
Hierro y aluminio (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	—	V
Sílice (SiO <sub>2</sub> ).....	18	38

Como puede observarse, todas las aguas son inaptas por exceso de mineralización y contienen, además, flúor en cantidades nocivas.

Se hace notar que en este trabajo se señala, por primera vez, una nueva región de aguas fluoruradas en el país.

#### LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ANGELELLI, V., *Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación de la República Argentina.* — Min. Agric. de la Nac., Dirección de Minas y Geología, Boletín nº 50, B. Aires, 1941.

- ARNOLD, RALPH and JOHNSON, H. R., *Sodium sulphate in Soda Lake, Carrizo Plains, San Luis Obispo County, California.* — U. S. Geological Survey, Bulletin 380, Washington, 1909.
- BAILEY, C. E., *The saline deposits of California.* — California State Mining Bureau, Bull. 124, Washington, 1902.
- CHAPMAN, L. W., *Salts Refining Plants at Owens and Searles Lakes.* — Chem. and Met. Eng., Vol. 24, n° 16, New York, 1921.
- CLARKE, F. W., *Data of Geochemistry,* 5th. ed. — U. S. Geol. Survey, Bull. 970, Washington, 1924.
- COLE, L. H., *Sodium and Magnesium Salts of Western Canada.* — Trans. Can. Inst. Mining Met., Vol. 27, Toronto, 1924.
- *Sodium sulphate of Western Canada.* — Canada Dep. of Mines, Bull n° 646, Ottawa, 1926.
- CORDINI, I. R., *Los ríos Pilcomayo en la región del Patiño, Sec. Ind. y Com.* — Dirección de Minas y Geología, Anales, T. I, B. Aires, 1947.
- GALE HOYT, S., *Sodium deposits in the Carrizo Plains, San Luis Obispo County, California.* — U. S. Geol. Survey, Bull. n° 540, Washington, 1914.
- *Salines in the Owens, Searles and Panamint Basins, Southeastern California.* — U. S. Geol. Survey, Bull. n° 588, Washington, 1914.
- GRABAU, A. W., *Geology of the Non-metallic Mineral Deposits. Principles of Salt Deposition,* New York, 1920.
- LAVINE, I. and FEINSTEIN, H., *Natural deposits of sodium Sulphate in North Dakota.* Am. Inst. Min. and Met. Eng. Contribution n° 97, New York, 1936.
- MARTIN, G., *Salt Lake Company working bed of Glauber Salt.* — Eng. and Mining Journal, Vol. 135, n° 4, New York, 1934.
- *Sodium sulphate from the shore of Great Salt Lake.* — Eng. and Mining Journal, Vol. 139, n° 6, New York, 1938.
- MC DERMID, A. J., *Meeting the demand for Sodium Sulphate.* — Eng. and Min. Journal, Vol. 135, n° 4, New York, 1934.
- MUDD SEELEY, W., *Industrial Minerals and Rocks.* — Am. Inst. of Min. and Met. Eng., New York, 1937.
- PHALEN, W. C., *Salt Resources of the United States.* — U. S. Geol. Survey, Bull. 669, Washington, 1919.
- PIERCE, J. B., *Anhydrous sodium sulphate from lake crystals.* — Chem. and Met. Eng., Vol. 44, n° 12, N. York, 1937.
- RICH, P. C., *Sodium sulphate from Nevada Finds Near-by Market.* — Eng. and Min. Journal Vol. 134, n° 6, New York, 1933.
- SCHULTZ, A. R., *Deposits of sodium salts in Wyoming.* — U. S. Geol. Survey, Bull. 430, Washington, 1910.
- TAGGART, A. F. and contributors, *Handbook of Mineral Dressing ores and industrial minerals,* New York, 1945.
- TEEPLE, J. E., *The industrial development of Searles Lake brines.* — Chemical Catalog Co., New York, 1929.
- WELLS, R. C., *Sodium sulphate. Its sources and uses.* — U. S. Geol. Survey, Bull. 717, Washington, 1923.

Con bibliografía sobre sulfato de sodio en EE. UU.

- *Sodium and sodium compounds.* — Min. Resources of the United States, U. S. Geol. Survey, Annual, part 2, Washington.



(a) Río Guauguaychu (E. Ríos) (b) El Kheneg, Sahara, citada por Cailleux (c) Pantanos y bañados entre los medanos de Paranacito (E. Ríos). (1) Según el método de Wadell (2) Según el método de Cailleux

MINERALES ESTABLES		RELATIVAMENTE ESTABLES		INESTABLES	
Granate	Magnetita	Hipersteno	Mica	Apatita	
Zircón	Rutilo	Augita		Limonita	
Cianita	Estauroлита	Hornblenda		Piritita	
Turmalina	Cuarzo	Hornblenda basáltica		Hematita	
Titanita		Andalusita			

Fig. 14 — Esquema comparativo de arenas fluviales y eólicas.

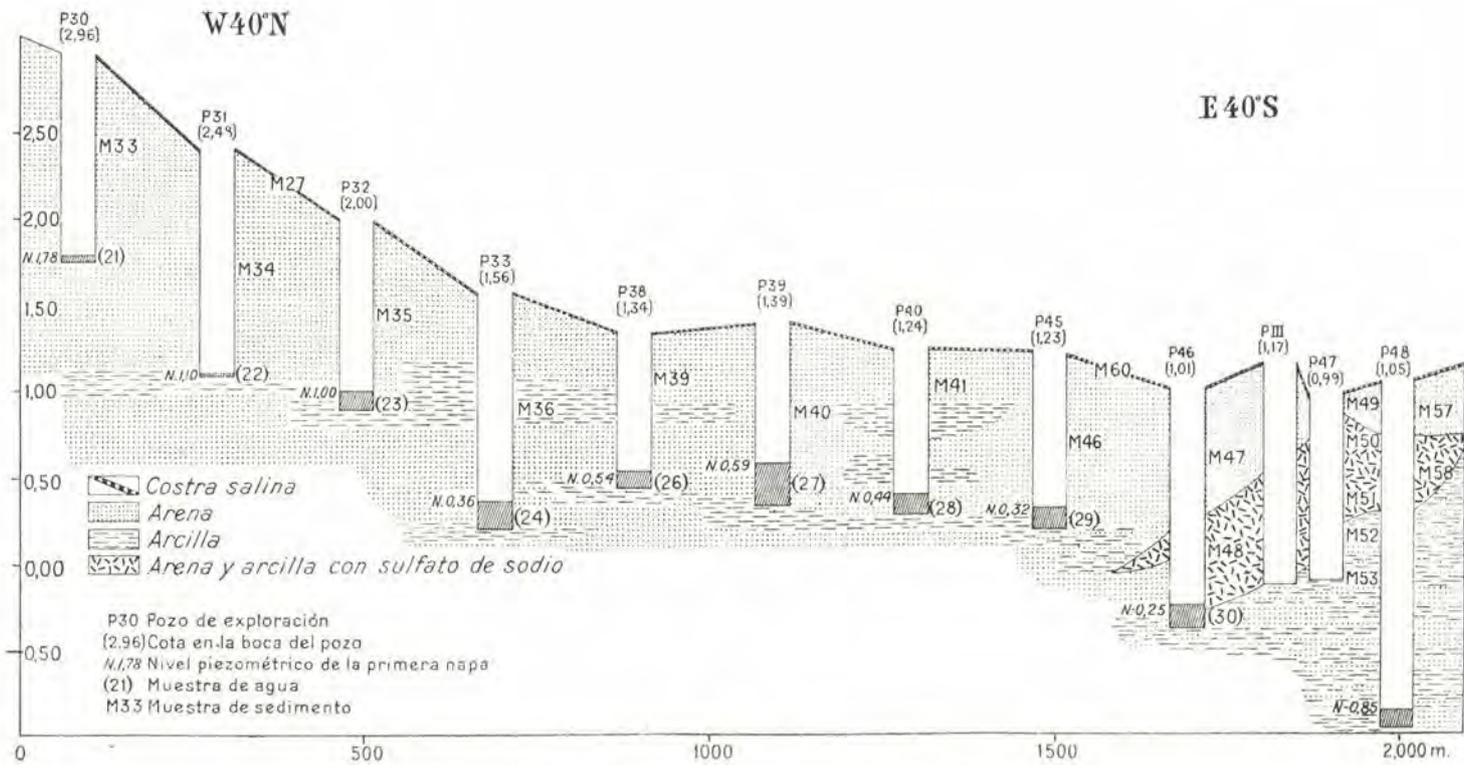


Fig. 15. — Parte de las labores de exploración efectuadas en la Sulfaterra San Martín



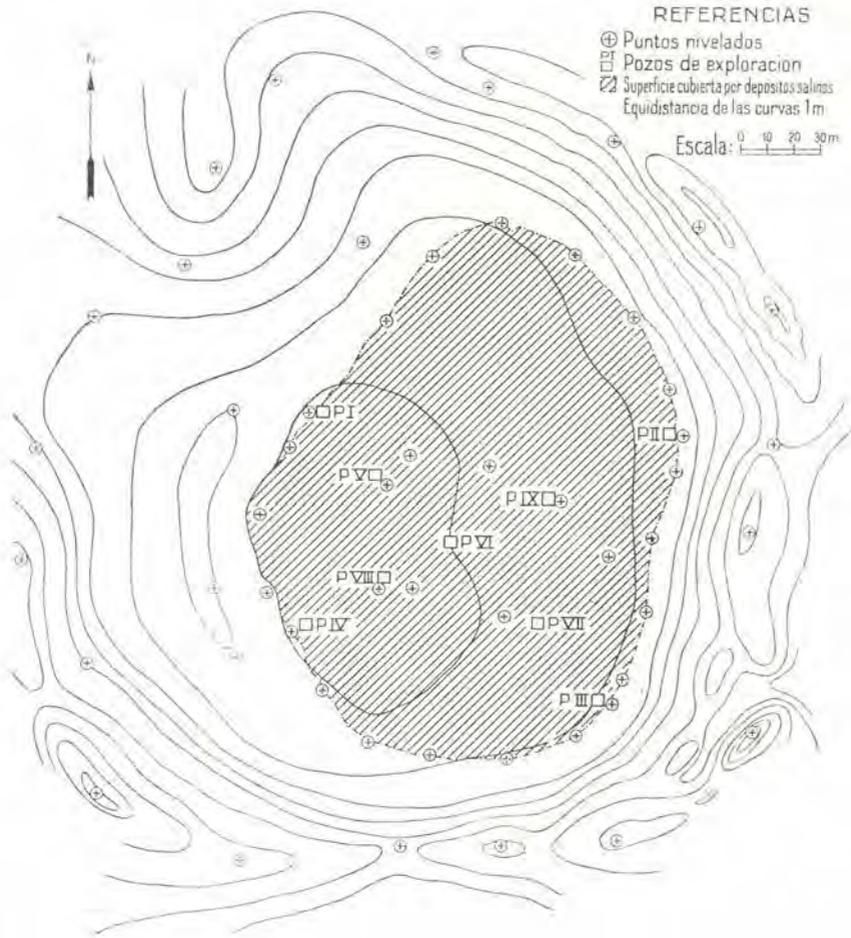


Fig. 17. — Sulfatera La Unión I

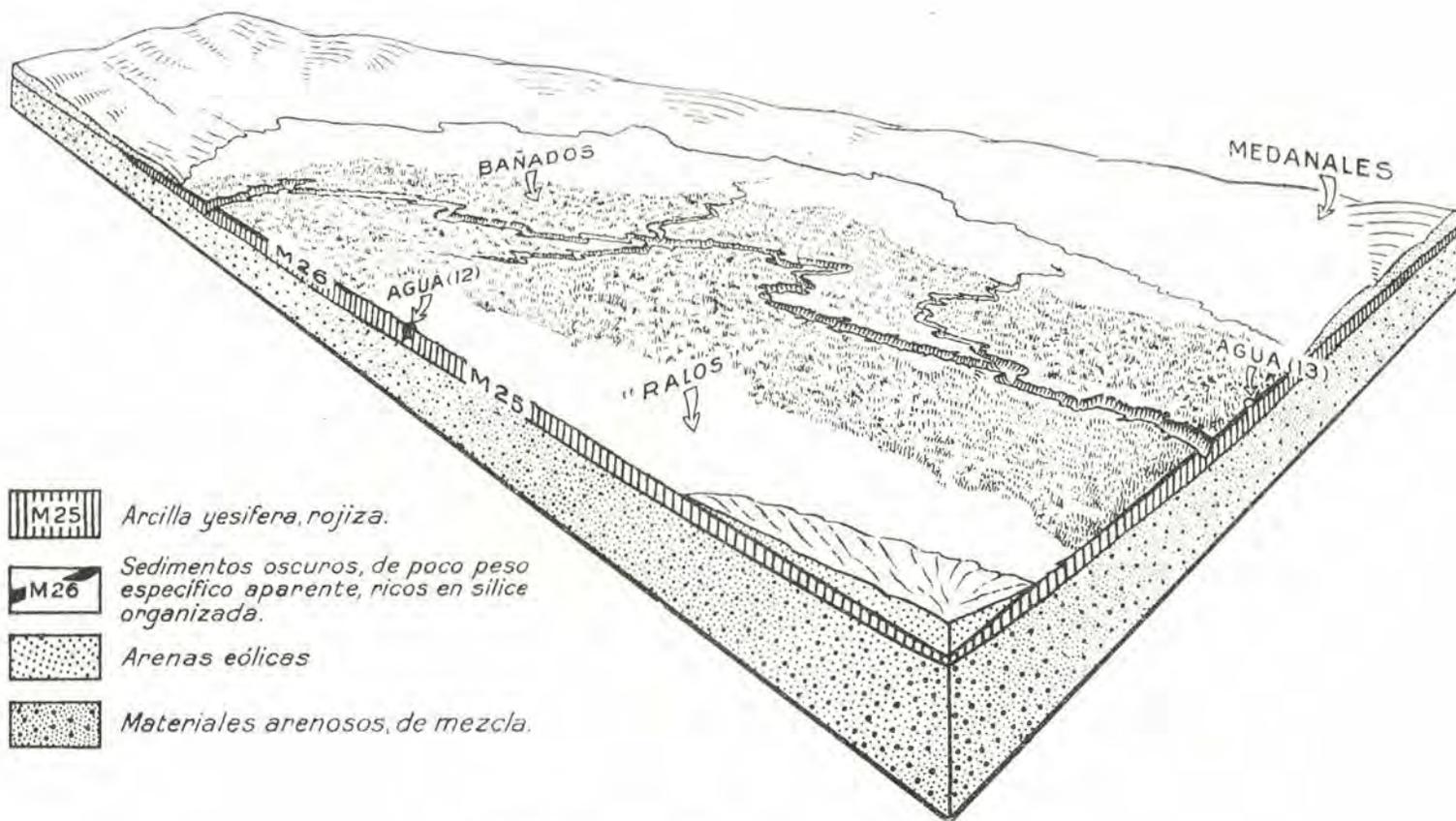


Fig. 12. — Representación esquemática del paisaje de bañados

