

## Procedimiento combinado para la elaboración del nitrato de sodio

POR

MANUEL OSSA RUIZ

El procedimiento combinado de beneficio que voy a demostrar, no encierra nada nuevo para la ciencia y su extremada sencillez lo hace desmerecer en apariencia.

La magnitud de grandes instalaciones causa cierta incertidumbre, en apariencia justificada. Esta incertidumbre no resiste a la investigación experimental; al contrario, es una de las bases en que descansa su éxito final.

Para elaborar a bajo precio un producto cuya materia prima es de baja ley, hay que tratar grandes masas, aplicando los aparatos mecánicos más perfeccionados que puedan movilizar miles de toneladas en pocas horas a precio remunerativo.

La serie de los disolvedores para lixiviación en grande escala está aplicada en la vecindad de la zona salitrera de Antofagasta, en los minerales de cobre de Chuquimata.

La gran superficie de bateas planas evaporadoras serán construídas a muy poco costo. Tenemos a mano todo el material que entra en estas construcciones, si se quiere emplear el concreto en sus diversas combinaciones.

El agua para lixiviación que se consume en la evaporación, es el factor indispensable del porvenir.

Su consumo será tomado todo en cuenta de 1 de caliche por 1. 4 de agua.

Agua tenemos en la Cordillera y por muy crecido que sea el costo de conducción, siempre compensará, comparados esos gastos con los inmensos beneficios que reportará a la industria.

La zona de Antofagasta, llamada Pampa Central, y la Región del Toco tienen toda la cantidad que necesitan sacándola del río Loa en condiciones sumamente favorables. Por último, el desarrollo y perfeccionamiento de la maquinaria moderna, sobre todo la de combustión interna, ha hecho germinar la idea de conducir el agua del mar hasta 2 000 metros de altura por medio de una sucesión de bombas eléctricas a un precio inferior a 60 centavos el metro cúbico.

En resumen, el factor agua no debe amedrentarnos.

El Gobierno, y con mayor interés los salitreros, estudiarán a fondo esta cuestión, cuando se convenzan de la absoluta necesidad de obtenerla abundante y barata.

Después de esta ligera introducción, entro en materia, explicando el desarrollo de las varias secciones en que se divide el procedimiento, haciendo uso de la forma y condiciones de los aparatos empleados.

Este se divide en cuatro secciones, a saber:

- 1) Lixiviación en frío.
- 2) Concentración de los caldos que resulten de la lixiviación por medio de la evaporación solar.
- 3) Evaporación solar de los caldos concentrados hasta dejar las sales que resulten con m|m. 20% de humedad.
- 4) Beneficio de estas sales por el sistema actual empleando las aguas viejas o caldos concentrados para extraer el nitrato de sodio por aumento de temperatura. Todas estas secciones, menos la N.º. 2, han sido estudiadas y aplicadas en muchas ocasiones; pero en su conjunto y mecanismo, este sistema es completamente nuevo y original, aunque descansa sobre temas todos ellos conocidos aisladamente.

### LIXIVIACION EN FRIO

Esta operación que en apariencia no ofrece mayores inconvenientes, es de lo más complicado en la práctica; hasta tal punto, que todos los sistemas que han tenido por base la disolución a la temperatura ambiente, han fracasado en su aplicación industrial. Llega el momento que, aun cuando el proceso de disolución se haga sistemáticamente por medios directos y trasposos, se produce una fuerte existencia de relaves pobres sin aplicación inmediata, conteniendo, no obstante, cantidad muy apreciable de salitre en disolución con las demás sales.

Después de largos años de trabajos experimentales con toda clase de caliche, he podido llegar a un resultado cuya aplicación industrial considero favorable.

Para exponer el procedimiento, tomaré los caliches de la zona de Antofagasta llamada Pampa Central, indicando el resultado obtenido y la escala semi-industrial de los experimentos.

La ley media de estos caliches ha sido la siguiente en números redondos:

|                  |       |
|------------------|-------|
| Nitrato de sodio | 17 %  |
| Cloruro de sodio | 33 "  |
| Sulfatos         | 10 "  |
| Insolubles       | 40 "  |
| <hr/>            |       |
| Suma             | 100 % |

Estas leyes servirán de norma y toda referencia será en relación a ellas.

En 6 estanques de 1.5 m.3 de capacidad se colocan 1000 kilos de caliche en cada uno, conteniendo las leyes ya indicadas.

Cada estanque contendrá:

|          |             |        |
|----------|-------------|--------|
| Caliches |             | Sales  |
| 1000 K.  | conteniendo | 600 K. |

Se procede a la disolución cargando los estanques N.º 1 y N.º. 2 con 700 litros de agua del tiempo cada uno, o sea el 70% del caliche contenido. El tamaño del caliche debe ser un poco más pequeño que el consumido normalmente en los beneficios actuales.

Cada estanque tendrá la llave de salida protegida por una tela fina de alambre.

El agua disolverá las sales solubles que contiene el caliche, guardando el salitre en

estas sales la misma proporción que tenía en el caliche. Así, por ejemplo: el salitre contenido en la materia prima era de 17% y de las diversas sales el 60 %; 100 k. de sales libres de materia inerte contendrán pues 28. 3% de salitre.

La densidad más aproximada en la lixiviación para obtener este resultado es la de 58° Twaddle. Las proporciones que se obtienen son muy variables y muy difícil de precisar, pero el resultado medio obtenido ha sido el arriba indicado.

Esta densidad que da a los caldos un peso específico de 1.29 corresponde a un contenido de 470 k. por litro de solución; y las sales de esta solución contienen de 28 30 % de salitre.

Manteniendo estas proporciones aproximadamente, se extraen sin mayor dificultad todas las sales solubles obteniendo siempre caldos de m|m. 58° Twaddle y un consumo mín. de agua.

Hay que tomar en cuenta que para mayor rendimiento es indispensable disolver dentro de lo posible todas las sales solubles; pues hasta la parte más insignificante de las sales que quedan en los ripios, contienen cantidad apreciable de salitre.

El primer beneficio con carga de 700 litros de agua del tiempo, produce después m|m. 24 horas y una ligera circulación en el mismo estanque, 660 litros de caldos con densidad de 58° Tw.—Estos litros de caldos contienen 470 gramos por litro en sales, o sea, en 660 litros habrá 310 k. de sales. La cantidad de caldo producida es aproximadamente el 95 % del agua consumida. El agua absorbida por la materia en disolución queda casi compensada con las sales disueltas.

Ahora bien, cada estanque contiene:

|                  | Caliche          | Sales |
|------------------|------------------|-------|
| Producto de la   | 1000 conteniendo | 600   |
| primera solución | 310              | 310   |
|                  | <hr/>            | <hr/> |
|                  | 690              | 290   |

La segunda alimentación de los estanques 1 y 2 se hace con 700 litros agua del tiempo y estos caldos después de m|m. 24 horas y una ligera circulación, dan 700 litros de m|m. 30° Tw. o sean 240 gramos por litro; igual a 168 k. de sales. Esta segunda operación da:

|                 | Caliche | Sales |
|-----------------|---------|-------|
| Saldo de arriba | 690     | 290   |
|                 | 168     | 168   |
|                 | <hr/>   | <hr/> |
|                 | 522     | 122   |

Los caldos de esta segunda operación pasan a los estanques 3 y 4 para recibir el saldo hasta enterar los 58° Tw. de densidad fijada.

La tercera alimentación se efectuará con 700 litros de agua y después de m|m. 24 horas producirá 700 litros solución 15 Tw. o sean 120 gr. de sales por litros 84 k.

|                          | Caliche | Sales |
|--------------------------|---------|-------|
| Saldo de operac. N° 2... | 522     | 122   |
| Operación N° 3.....      | 84      | 84    |
|                          | <hr/>   | <hr/> |
| Saldos.....              | 438     | 38    |

Estos caldos van igualmente a los estanques Nos. 3 y 4.

La última alimentación consiste en un ligero lavado, quedando los ripios en los estanques 1 y 2 con m|m. 30 k. de sales o sea 5% del total.—Los ripios quedan con 1½% de nitrato, lo que corresponde a 0.6 en el caliche; y de esta manera por rotación, sigue el proceso de lixiviación indefinidamente, quedando siempre un estanque a la carga y otro en descarga habiéndose efectuado la separación casi completa de la parte soluble del caliche con la menor cantidad de agua posible.

## SEGUNDA OPERACION.—CONCENTRACION DE CALDOS.

Esta operación es de grandes resultados económicos y se produce con muy poco gasto.

Los concentradores y evaporadores solares forman un conjunto de estanques iguales en todo sentido, quedando las operaciones de concentración y evaporación enteramente ligadas entre sí.

El único objeto de los concentradores consiste en eliminar la mayor parte posible de las sales estériles, concentrando los caldos débiles de 58° Tw. que recibe de la *lixiviación* hasta el *grado máximo de densidad*, que tiene su límite cuando las sales que se precipitan empiezan a contener salitre en proporción apreciable, o para mayor claridad cuando ya la solución está próxima a saturarse de nitrato de sodio. Este punto es sumamente variable y depende, como es natural, de la composición de los caliches.

En la práctica este grado máximo lo considero cuando los caldos llegan a 68° Tw.—En este estado de concentración las sales contenidas en la disolución tendrán mm. 50 % de salitre. Consiguiendo este grado de concentración, las sales estériles que se precipitan forman cerca del 40% del total.—De 600 k. se precipitará como cantidad máxima 240 k.

Una vez establecida la marcha del procedimiento, no será posible, sin embargo, mantener un grado de densidad inflexible, sino que este tendrá que subordinarse a la necesidad de evacuar cada sección de concentradores en el tiempo previsto para alimentar los otros estanques evaporadores.

Los concentradores solares tendrán una hondura de 25 a 30 cent. y no recibirán más caldo que el necesario para cubrir los estanques con 8 a 10 cent. de solución.— Su forma será la de una batea cristalizadora de 50 m,2 de superficie.

Los resultados en la evaporación producida por la influencia solar y los vientos reinantes, cada 24 horas en bateas conteniendo caldos m|m. 60° Tw. con un espesor de 10 cm. han sido término medio durante cada 24 horas a una altura de 1 500 mts. sobre el nivel del mar:—Mín. 6000, Máx. 12000.—t. m. 9 000 gr. por metro cuadrado de evaporación. Estas son sumas redondas muy aproximadas.

Los datos oficiales de evaporación con agua de lluvia en las localidades que se enumeran han sido las siguientes:

|           |     |        |      |
|-----------|-----|--------|------|
| SAN PEDRO | 9.2 | altura | 3000 |
| CHIUCHIU  | 9.6 | "      | 2800 |
| CALAMA    | 8.2 | "      | 2400 |
| CHACANCE  | 1.2 | "      | 1100 |
| QUILLAGUA | 8.4 | "      | 800  |

Las soluciones necesitan menos calorías que el agua pura para mantener igual temperatura. Los cálculos sobre evaporación de aguas lluvias son pues ventajosamente aplicados a soluciones salinas.

Las sales que se precipitan en los concentradores serán, como es natural, pasadas por secadoras centrífugas para recuperar los caldos contenidos.

La ley de estas sales después de secadas en la centrífuga varía de  $1\frac{1}{2}$  a 2% de salitre.—Esto equivale a 0.45 a 0.60 % en los caliches.

La eliminación de parte de sales estériles es el factor más importante, y junto con la lixiviación se eliminan más del 60% de las sustancias estériles contenidas en el caliche.—De los 1 000 K. de materia prima tratada sólo quedarían 360 K. para la operación final.

### TERCERA OPERACION.—EVAPORACION SOLAR

Los caldos concentrados de la segunda operación pasarán a los evaporadores definitivos, a donde por medio del sol y vientos reinantes se va evaporando el agua hasta quedar las sales con m/m. 15% de humedad.

Esta humedad con que quedan las sales, o lo que en la práctica se crea necesario, es indispensable, para suplir el agua que se evapora en las bateas cristalizadoras.

Estas bateas evaporadoras contendrán el espesor mínimo del líquido compatible con el aprovechamiento de toda la superficie; es decir, que no quede trecho en seco y procurando que la capa del líquido sea lo más uniforme y delgado posible.

La evaporación obtenida a una altura de 1.500 m. sobre el mar ha sido la siguiente: Mín. 9.00.— Máx. 13 litros por m.<sup>2</sup> Este corresponde a una producción media de 6 a 7 K. de sales por m.<sup>2</sup>

Por medio de estas tres operaciones: lixiviación, concentración y evaporación, queda eliminado el ripio y parte de las sales estériles con un costo insignificante y sin gastos de combustible.

Suponiendo una oficina que consume 20 000 qq. de caliche, después de estas tres operaciones quedaría esta cantidad reducida a menos de 7 000 qq. de sales con leyes + de 50% de nitrato.

### CUARTA OPERACION.—BENEFICIO DE LAS SALES.

Se beneficiarán en los cachuchos actuales con ligeras transformaciones, empleando el agua vieja o los caldos concentrados como disolventes, elevando la temperatura hasta llegar a una concentración superior a 100° Tw. Este caldo, como es natural, pasará a los chuyadores y en seguida a las bateas cristalizadoras.

Este último beneficio es sumamente económico y el gasto de combustible es por demás reducido, no pasando, tomando todo en conjunto, de 1 de carbón por 30 de salitre.

Los cálculos efectuados sobre las calorías necesarias para esta operación, han dado resultados diversos.—Tomando un conjunto de operaciones prácticas y teóricas, el resultado final ha sido superior a 1 de carbón por 30 de salitre.

Las sales que quedan después del beneficio, reciben una cantidad reducida de agua vieja o caldo concentrado y después de un ligero lavado, estas sales serán secadas en centrifugas especiales, quedando m/m. con 2 de salitre.

### DATOS ILUSTRATIVOS

Una oficina en actual beneficio con capacidad para 2 500 qq. diarios de 46 K. salitre de 95%, necesitaría para adoptarla al nuevo sistema los siguientes agregados.

*Para la lixiviación en frío.*—Seis estanques de fierro o concreto armado, con capacidad para 2 500 m.<sup>3</sup> c/u. y preferibles de forma rectangular.

Tendrán en el fondo cañerías perforadas de desagüe, cubiertas con tela fina de alambre para la filtración de los caldos.

El material de construcción tendrá que ser de superior calidad, con un grueso revestimiento interior de mastic a fin de asegurar dentro de lo posible su impermeabilidad. Cada dos estanques tendrán una bomba centrífuga de gran poder, a lo menos de 14 pulgadas (35 milímetros) de succión y 12 pulgadas (30 milímetros) de descarga para la circulación de caldos y trasposos. Recibirán la carga lo más directamente posible de las chancadoras y tendrán grúas viajeras gigantes para la pronta descarga de los rípios.

He tomado como modelo para estos estanques, como igualmente sus aparatos eléctricos de descarga, los grandes estanques que están en actual uso para la lixiviación de los minerales de Chuquicamata.

Para almacenar agua del tiempo y caldos concentrados, se necesitarán dos grandes estanques con una capacidad mínima de 2 000 m.<sup>3</sup> c/u.

**CONCENTRADORES Y EVAPORADORES.**—Serán contruídos de planchas de fierro muy delgadas o bien de concreto en forma de bateas planas. Su capacidad podrá variar entre 25 y 50 metros cuadrados cada batea. Su altura será de 25 a 30 cen.

Estos evaporadores ocuparán en diferentes secciones una superficie de 100 000 m.<sup>2</sup> con sus estanques correspondientes de alimentación.

Esta superficie está calculada con liberalidad para una producción de 2 500 qq. de 46 K. de salitre por día.

Las superficies concentradoras y evaporadoras están divididas en dos secciones.

Los 50 000 m.<sup>2</sup> de concentradoras está a su vez dividida en 4 secciones de 250 bateas de 50 m.<sup>2</sup> c/u. Cada sección consta de 12 500 m.<sup>2</sup> y recibirá 1 000 000 de litros de solución, la N.º. 1 el primer día, igual cantidad la N.º. 2 el segundo día, y así sucesivamente la N.º. 3 y N.º. 4.

Este 1 000 000 de litros de 58° con peso de 1 290 000 k. contendrá 470 gramos de sales por litro igual a 470 000 K. de sales con 28 %, o sea, 131 000 K. de salitre.

Este 1 000 000 de litros de solución contiene 820 000 litros de agua y cada 4 días quedará una de las secciones con sus caldos concentrados de 58° a 68°, habiendo disminuído el agua en cada sección de 820 000 a 400 000 litros en 4 días de evaporación.

Esta solución de 68° contendrá 540 gr. de sales por cada 800 gr. de agua, o sean 270 mil K. de sales de los cuales m|m. el 50 % será salitre.

En la marcha normal de la operación, diariamente pasará una de las secciones de los concentradores a los estanques evaporadores, en donde, a razón de 6 K. de sales por metro cuadrado, se podrán beneficiar 300 000 k. por día.

Estas sales que llamaremos ejes de salitre de 50 % de ley, serán por último beneficiadas en los cachuchos adecuados al nuevo procedimiento.

Las secciones estarán protegidas contra la fuerza de los vientos y el polvo que éstos arrastran, en la forma y condiciones que la práctica aconseje, ajustándose a la topografía de la localidad, dando los mismos concentradores material sobrado para estas defensas, con las sales estériles que se precipitan diariamente.

Las instalaciones para la extracción de las sales producidas, las centrífugas portátiles para secar estas sales, las cañerías y demás accesorios, serán materia de largo estudio y sólo se irán perfeccionando en vista de los resultados que se obtengan.

Para asegurar el éxito por completo, es indispensable evitar en estas instalaciones la pérdida de caldos por filtraciones u otras causas.—Este es un factor indispensable.

Se ha estudiado toda clase de evaporador solar y he llegado al convencimiento, que por el momento lo que propongo es lo que mejor consulta el plan que se persigue.

Los evaporadores producidos por caídas de agua, por chorros con fuerte presión, por lluvias sobre remajes para producir gran superficie evaporadora, por agua atomizada y por muchos otros sistemas, etc. dan indiscutiblemente mejores resultados en cuanto al agua evaporada, pero al mismo tiempo las pérdidas de sales ocasionadas por los vientos reinantes son de suma consideración, sin contar el gasto de fuerza que requiere el movimiento continuo de los líquidos.

No debe olvidarse por un solo instante que una de las bases esenciales de todo procedimiento consiste en evitar la pérdida de nitrato como igualmente la economía de fuerza y calorías.

Estas grandes instalaciones no sólo servirán para elaborar las actuales existencias de caliche de alta y baja ley, sino que más tarde, o desde luego, pagarán varias veces el costo de instalación cuando se empiecen a beneficiar los millones de toneladas de ripo que actualmente existen al lado de las actuales máquinas en todas las oficinas.

No debe impresionar desfavorablemente la superficie requerida de 100 000 m,2 para concentradores y evaporadores. Hay sobrado terreno plano en todas las oficinas para estas grandes instalaciones y tanto la piedra como la arena son abundantes.

La combinación de este procedimiento en las oficinas ya instaladas, agregando a la antigua maquinaria unas pocas bateas y ensanchando la molienda podrán aumentar notablemente su producción.

La economía en el beneficio y el aprovechamiento de la materia prima según experimentos sobre cantidades de caliche apreciable, ha sido como sigue:

## COSTO APROXIMADO DEL BENEFICIO:

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| A. Sobre 20 000 quintales caliche de 46 k.                   |            |
| Extracción y acarreo .....                                   | 0.18       |
| Agua a 0.20 m <sup>3</sup> .....                             | 1.5        |
| Chanca y carga de estanque .....                             | 2.5        |
| Beneficios de lixiviación, concentración y evaporación ..... | 4.-        |
| Gastos generales. ....                                       | 2.-        |
| <hr/>                                                        |            |
| Cada 46 k. caliche .....                                     | 28.- cent. |
| o sea. en 20 000 quintales .....                             |            |
| 8 000 qq. sales centrifugadas a 5 centavos los 46 k .....    | \$ 5 600   |
| 7 000 qq. sales elaboradas en los cachuchos a 15 cent. ....  | 400        |
|                                                              | 1 050      |
| <hr/>                                                        |            |
|                                                              | \$ 7 050   |

Elaboración de 3 000 qq. de salitre de 95%. Costo medio 2.35 los 46 k.

## APROVECHAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:

|                                                          |         |
|----------------------------------------------------------|---------|
| Ley de 8 000 qq. ripio 1.5 .....                         | 120 qq. |
| Ley media de las sales centrifugadas 8 000 con 2 % ..... | 160 "   |
| Pérdida por filtración, traspaso y otras causas ....     | 220 "   |
| <hr/>                                                    |         |
| Suma .....                                               | 500 qq. |

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Contenido en 20 000 qq. de 17% ..... | 3 400 |
| Pérdida .....                        | 500   |
| <hr/>                                |       |

2 900

de salitre químicamente puro, igual a más de 3 000 qq. de 95%.

En el porvenir todo beneficio tendrá por base la lixiviación en frío y gran parte de la disoluciones se harán en las mismas calicheras por medio de disolvedores portátiles, para cuya movilización servirán las actuales vías férreas construídas para el transporte del caliche, evitando de esta manera en gran parte los fuertes gastos de acarreo sobre todo en caliches pobres y aprovechando igualmente parte del caliche que se pierde en la extracción.

## CONCLUSION

El sistema general de beneficio del cual he hecho una exposición ha sido debidamente comprobado y está basado en la ciencia experimental.

Es el resultado de muchos años de estudios constantes y concienzudos, es económico en su procedimiento, obtiene el aprovechamiento máximo de la materia prima y es sumamente sencillo en su aplicación y mecanismo.

Con sobrada razón el señor Manuel Antonio Prieto, en uno de sus monógrafos so-

bre la industria salitrera, dice: "EN EL BENEFICIO DEL SALITRE COMO DE MUCHAS OTRAS INDUSTRIAS SERA SIEMPRE VERDAD EL PRINCIPIO DE QUE MIENTRAS MAS SENCILLAS SEAN LAS OPERACIONES, MENOS COMPLICADAS LOS APARTES Y QUE MEJOR REALIZAN LOS PRINCIPIOS CIENTIFICOS EN QUE SE BASEN, MAYORES SERAN LAS UTILIDADES Y EL ÉXITO DE LA EXPECULACION QUEDARA MAS ASEGURADO".

Para terminar, reproducimos la carta de fecha 23 de Diciembre de 1919 en que este mismo ingeniero resume sus observaciones sobre nuestro sistema patentado. Dice así:

He tenido el gusto de remitirle las observaciones que me ha sugerido el estudio de su proyecto para el beneficio del salitre en las Pampas del Norte. Las conclusiones a que he llegado para el éxito que Ud. busca, pueden resumirse en los puntos siguientes.

1.º En disponer de los capitales suficientes, aparentemente subidos, tanto para la provisión abundante de agua del río Loa, como para las instalaciones de beneficio: disolución en frío, evaporación fraccionada solar y disolución en caliente de los concentrados.

2.º En que las disposiciones mecánicas necesarias para efectuar las operaciones a que da lugar el tratamiento, pueden y deben ser resueltas satisfactoriamente buscando la cooperación de ingenieros especiales.

3.º Que el punto de vista técnico en que descansa el procedimiento, o sean, las leyes que rigen las soluciones en que entra el salitre y sus acompañantes usuales en la pampa, se cumplen y se satisfacen rigurosamente en él.

4.º Que, comercialmente considerado, concuerda con el espíritu económico que domina hoy en las grandes industrias con sus enormes instalaciones para abaratar el costo unitario de producción.

5.º Que, como consecuencia de esto y del sistema propuesto, no sería extraño llegar a un aumento de 28 a 30 % en la producción con el mismo material empleado sobre lo obtenido con los sistemas en uso y una disminución consiguiente de 30 a 35 % en el costo de la unidad obtenida.

6.º Que se impone la cooperación de los productores en conjunto con el Estado para arbitrar los medios de llevar a la práctica las ideas envueltas en el proyecto de Ud., como en el de cualquier otro con base científica suficiente, so pena que la industria languidezca y ceda su lugar al producto artificial, por más que no se crea o se aparente no creer en él.

Saluda a Ud. su muy Atto. y S. S.—(Firmado).—M. A. PRIETO,  
Ing. de Minas.