

Estudios sobre la Industria Salitrera de Chile

Ing. Roberto Fiedler

Administrador Comercial de
Anglo Lautaro Nitrate Co.

La importancia del proceso de evaporación solar para la industria del Salitre*

Los que estamos activos en la Industria del Salitre estamos vislumbrando, con el desarrollo del proceso de Evaporación Solar, expectativas insospechadas para el Norte de Chile, y por ende para toda la economía nacional. El éxito del proceso estriba ahora más que nada en la posibilidad de movilizar recursos financieros adecuados para llevarlo a cabo. Como es del dominio público, pende ahora ante el Congreso Nacional un proyecto de reforma de la Ley N° 5.350 que es la que actualmente rige a la Industria.

El objeto de la presente exposición es de dar a conocer a un círculo de colegas y a los conciudadanos interesados en nuestra industria, el origen del nuevo proceso, su vinculación con los procesos actualmente explotados y sus trayectorias hacia el porvenir del salitre.

El que habla agradece a Uds. el honor de poder contribuir con su grano de arena hacia el esclarecimiento de nuevos conceptos y a la cimentación de nuevos métodos que ya han pasado por su etapa de experimentación. Los 23 años de actividad en la industria salitrera, al servicio de la Cía. Salitrera Anglo-Lautaro, lo facultan para pronunciarse con alguna autoridad sobre un tema que adquiere tanto más actualidad, cuanto más nuestra industria del salitre se ve acorralada por despiadados y muy eficientes competidores en el mercado mundial.

Después de la primera guerra mundial, y esto es bien conocido, la producción de fertilizantes nitrogenados sintéticos, en Europa y en Estados Unidos, tomó un auge muy grande. El proceso "Haber-Bosch", ideado por un sabio alemán y posteriormente perfeccionado, fue el primero que permitió fijar nitrógeno en compuestos solubles, por síntesis del amoníaco en escala comercial. La fijación de

* Esta conferencia fue dictada en el Instituto de Ingenieros de Chile el jueves 27 de octubre de 1955.

nitrógeno del aire permitió también la fabricación, en condiciones económicas, de ácido nítrico, lo que a su vez hizo factible la fabricación de pólvora sin humo y explosivos durante esa guerra, en un país bloqueado y totalmente desconectado de todo abastecimiento de Chile.

Pese a este desarrollo, que sin duda se presentaba como una amenaza para la economía de Chile, es de celebrarse que ya alrededor de 1920 los hermanos Guggenheim en los Estados Unidos tomaran interés en el salitre de Chile. Los citados hermanos habían sido los fundadores de la American Smelting and Refining Company, así como del mineral de Chuquicamata. En este último, un proceso de lixiviación de minerales de óxidos de cobre (porfiritas), en máxima escala, había tenido gran éxito. Por primera vez en Chile se aplicaban métodos de minería y de elaboración en escala nunca antes experimentada en Chile. El eminente ingeniero señor Elías Anton Cappelen-Smith, quien había desarrollado el proceso de lixiviación de porfiritas de cobre en Chuquicamata, fue quien sugirió a los hermanos Guggenheim la idea de aplicar métodos semejantes en la elaboración del salitre.

Un grupo escogido de hombres de ciencia, ingenieros y químicos desarrollaron el más tarde llamado proceso Guggenheim en una planta piloto en 1922. De resultados de las experiencias recogidas en Oficina Cecilia, donde operó la planta piloto, nació el proyecto de construir una oficina nueva llamada a elaborar salitre por el proceso Guggenheim. Entre los años 1925 y 1927 fue construída la Oficina "Coya Norte", cuyo nombre fue cambiado luego a "María Elena". Esta oficina se encuentra en operación desde 1927.

Originalmente no se había pensado en extracción mecánica del caliche de las pampas, tal vez debido a la imperfección de los equipos de excavadoras de ese entonces. Sin embargo, el Coronel Roberto Marsh Jr., un ingeniero de minas de vasta experiencia en el mineral "El Teniente" y otras operaciones mineras grandes, cuyos servicios fueron contratados por los hermanos Guggenheim en carácter de asesor, promovió la introducción de grandes palas y dragas en la minería del caliche. Felizmente, alrededor de 1925 había sido desarrollada en los Estados Unidos la primera pala eléctrica de gran capacidad, diseñada para avanzar sobre un tren de orugas y también para girar en círculo completo de 360°. Esa misma excavadora, con ligeros refinamientos, es el tipo predominante en las faenas mineras de la Cía. Salitrera Anglo-Lautaro, hoy en día. Los métodos introducidos por Marsh, de minar caliche con excavadoras mecánicas, son esencialmente idénticos a los que usamos en estos días.

Pese a la situación en extremo crítica por que atravesó la industria desde el año 1927, agobiada por la competencia y luchando por disminuir sus costos, se construyó en 1930 y 1931 la moderna planta "Pedro de Valdivia", financiada por los intereses Guggenheim. Los hombres responsables por el porvenir de la industria, y con clara visión, optaron por construir esta nueva planta Guggenheim, pese a grandes críticas y a interminables polémicas con aquellos que no querían ver o que no deseaban dar su brazo a torcer ante resultados y costos bajos innegables. El resto pertenece ya a la historia y no necesito extenderme en detalles.

La pregunta que aún suele formularse, que cuál de los sistemas de elaboración es mejor, el sistema Shanks o el Guggenheim, suena como preguntar: ¿Qué será mejor, el mular de carga o el camión V-8? La respuesta es obvia: Cada

elemento tiene su propia aplicación, pero no es menos cierto que el mular está perdiendo más y más terreno.

Las plantas María Elena y Pedro de Valdivia están tratando actualmente cerca de 55.000 toneladas métricas de caliche por día de operación, del que se recupera por los métodos presentes más o menos un 75% de su nitrato de sodio y una fracción del yodo que contiene. El resto del nitrato de sodio, y del yodo, además de importantes valores en compuestos de potasio, boratos, percloratos, cloruro de sodio, sulfato de sodio y sales de magnesio son diariamente descartados con los ripios. Ni el proceso Guggenheim, ni ningún otro conocido eran capaces de recuperar estas sustancias en forma económica.

La razón para ello es que la posibilidad de agregar agua al proceso, el solvente obvio de todas esas sales, es limitada.

No ha sido nunca un secreto que posiblemente todos esos valores podrían ser salvados mediante lixiviación con agua, pero las soluciones provenientes de esta lixiviación eran débiles, de modo que su explotación no era económicamente factible, sin previa concentración. Para resolver este problema, evidentemente lo indicado era aprovechar las condiciones del desierto y recurrir a la concentración de soluciones por evaporación solar.

Antes de continuar conviene explicar brevemente el proceso Guggenheim y sus limitaciones naturales. En este proceso el caliche es molido a un tamaño de m.o.m. 1.0 centímetros. El 80-85% del tonelaje de caliche reducido a este tamaño es depositado en grandes estanques de lixiviación. Los finos restantes, 15-20%, deben ser tratados en plantas de filtros. Agua vieja caliente (40° C) se hace circular a través de las partículas de caliche en los estanques y plantas de filtros, hasta que ésta egresa saturada en salitre sódico en lo que se suele llamar solución fuerte, o simplemente "caldo". Este caldo es enfriado a 15° C para que se precipite el excedente de salitre y para regenerar agua vieja, capaz de circular nuevamente, previo calentamiento a 40° C, a través de los estanques de lixiviación y plantas de filtros. En este circuito cerrado prácticamente todo el nitrato de sodio es disuelto, pero sólo un 75% es recuperado en la planta de cristalización.

No se emplea agua, propiamente, en el ciclo de lixiviación, excepto la necesaria para desplazar agua vieja del ripio, antes de eliminarlo por los botaderos.

La cantidad de agua que puede emplearse en este lavado de desplazamiento está limitada a la que puede contener el ripio a botarse. Si se agregara un exceso de agua nueva, esta avanzaría hacia el sistema de lixiviación y el volumen de soluciones crecería hasta rebalsar y sin provecho alguno.

Debido a la limitación en la cantidad de agua que se puede emplear en el lavado del ripio y debido a que este volumen limitado de agua no es 100% eficiente en el desplazamiento del agua vieja del ripio, la recuperación de salitre sódico del caliche es del orden de sólo un 75%.

Volvamos ahora a nuestro tema y fácilmente se comprende que un volumen adicional de agua empleada en el lavado de los ripios podría rendir mejores recuperaciones de salitre, pero el exceso de agua tiene que ser evaporada, si se pretende mantener un volumen constante de líquidos en los sistemas de lixiviación.

Por la misma razón que limitaba el agregado de agua nueva al sistema, se hallaba también limitada la ley mínima en nitrato de sodio del caliche que se ela-

bora en las plantas de "María Elena" y "Pedro de Valdivia". En efecto, determinaciones matemáticas en función de costos, capacidades de producción y recuperación de reservas de nitrato en el caliche virgen han limitado para el presente proceso la ley del caliche a explotarse, a 7% de nitrato de sodio. Esta ley mínima produce por lo general una ley media de 8.5% del caliche a tratamiento. Estas determinaciones matemáticas han sido corroboradas por la experiencia.

No está de más recalcar lo que significa en el orden económico el aprovechamiento de caliches de baja ley en nitrato de nuestras pampas. Mientras las plantas "María Elena" y "Pedro de Valdivia" explotan caliches de ley mínima de 7.0%, las plantas que operan por el antiguo sistema Shanks no pueden explotar caliches de leyes inferiores a 14%. Cuando las distancias de acarreo del caliche son largas, y por consiguiente su costo de transporte más elevado, un recurso obvio de compensarlo es elevar la ley mínima del caliche a explotarse. Las consecuencias están a la vista de todos los que recorren nuestras pampas: los vestigios de gran número de oficinas Shanks paralizadas, las que han tenido que cesar en sus actividades por el agotamiento de las pampas más ricas que las rodeaban. En cambio, en nuestras pampas abundan caliches de bajas leyes y el solo hecho que hasta ahora las plantas Guggenheim hayan podido elaborar económicamente leyes de sólo 7.0%, ha sido el factor determinante de sus expectativas de vida mucho más prolongadas. Ahora bien, el proceso por Evaporación Solar nos brinda posibilidades de utilizar leyes de nitrato más bajas. Nuestras investigaciones demuestran que al bajar nuestra ley mínima de explotación a sólo un 5.0%, las reservas de nitratos a recuperar de nuestras pampas aumentarían en un 50%. Al explotar caliches de sólo 4.0% las reservas de nitrato aumentarían al doble. Las posibilidades de recuperación de sulfato de sodio de las reservas del subsuelo son aún mayores.

La concentración de soluciones por evaporación no es nueva en las industrias; tampoco lo es en la industria salitrera de Chile. Muchos trabajos experimentales se han realizado y muchas publicaciones se han hecho al respecto en textos de química y de ingeniería. El eminente hombre de ciencia Dr. Stanley E. Freed merece el laurel de haber desarrollado en largas y acuciosas investigaciones un proceso de concentración de soluciones por evaporación solar que es realizable y económico a la vez.

Antecedentes para este proceso se habían encontrado en faenas similares que se realizan en las orillas del Mar Muerto de Israel, asimismo en el desierto de Utah en los Estados Unidos, próximas al pueblo de Wendover en el límite con el Estado de Nevada. Ambas empresas explotan potasa, (K20) o cloruro de potasio (KC1) en gran escala mediante la concentración de soluciones débiles por evaporación solar y en seguida por flotación o cristalización, respectivamente.

Las investigaciones del Dr. Stanley E. Freed abren la puerta a un nuevo mundo para la industria salitrera. Experimentos que se han llevado a cabo por él en una planta piloto durante muchos años, han demostrado fehacientemente sus grandes posibilidades, de recuperar enormes valores que hasta ayer se perdían e introducir economías en las operaciones, capaces de colocar a la industria salitrera de Chile nuevamente en un plano de igualdad o de superioridad con nuestros competidores.

Asumiendo que las oficinas "María Elena" y "Pedro de Valdivia" lixiviaran en conjunto la cantidad de 17.000.000 toneladas de caliche por año, el siguiente tonelaje de sales y elementos estaría disponible en planta para su eventual recuperación:

	<i>Sales y elementos</i>	<i>%</i>	<i>Toneladas</i>
NaN03	Nitrato total	8.50	1.445.000
K	Potasio elemental	0.95	161.500
NaCl	Cloruro de Sodio	8.66	1.472.200
Na2S04	Sulfato de Sodio	8.88	1.509.600
CaS04	Sulfato de Calcio (yeso)	7.78	1.322.600
MgS04	Sulfato de Magnesio	4.35	742.900
Na2B407	Borato de Sodio (bórax)	0.63	107.100
H3B03	Acido Bórico	0.83	141.100
KC104	Perclorato de Potasio	0.042	7.140
Li2S04	Sulfato de Lithium	0.033	5.610
I	Yodo elemental	0.033	5.610

En el proceso de elaboración "Guggenheim", se puede recuperar del caliche únicamente el nitrato de sodio y el yodo, y con una eficiencia de recuperación de 75% para el nitrato de sodio y de 35% para el yodo.

Todas las demás sales y elementos del caliche se pierden en los ripios.

El proceso de elaboración "Evaporación Solar" en cambio permite recuperar muchas sales y elementos del caliche con un alto grado de eficiencia.

Se estima que la recuperación de numerosas sales y elementos existentes en las 17.000.000 toneladas de caliche, por los dos procesos combinados anteriormente citados, sea una posibilidad. Sin embargo, hacemos hincapié en que no se han estudiado aún a fondo los métodos de elaboración, ni las posibilidades de hallar mercados, sino para algunos productos más obvios.

A continuación señalaré algunas estimaciones de posibles recuperaciones en el bienentendido que sólo se puede tratar de "estimaciones":

Sales y elementos En 17.000.000 Tons. de caliche		Actual recuperación por procedimiento Guggenheim		Estimación de posible futura recuperación por procedimiento Guggenheim más evap. solar	
		<i>%</i>	<i>Tons.</i>	<i>%</i>	<i>Tons.</i>
NaN03	1.445.000	75.0	1.083.750	95.0	1.372.000
K	161.600	—	—	88.0	142.000
NaCl	1.472.200	—	—	95.0	1.396.000
Na2S04	1.509.600	—	—	80.0	1.207.000
CaS04	1.322.600	—	—	?	?
MgS04	742.900	—	—	60.0	445.000
Na2B407	(107.100)	—	—	70.0	(75.000)
H3B03	141.100	—	—	70.0	98.000
KC104	7.140	—	—	60.0	4.280
Li2S04	2.686	—	—	60.0	1.610
I	5.610	35.0	1.964	80.0	4.490

Las 142.000 toneladas de Potasio Elemental pueden convertirse durante el proceso de Evaporación Solar en 370.000 toneladas de nitrato potásico, por conversión de 313.000 toneladas de nitrato de sodio (NaN_3).

Esta característica del proceso de la "Evaporación Solar" permite que en la etapa final de expansión de la Planta de Evaporación Solar, la producción de salitre de las dos oficinas, pueda ser obtenida casi en su totalidad como salitre potásico de 30% de KN_3 . Una vez que se hayan desarrollado métodos adecuados, se contará con una producción posible de 140.000 toneladas de salitre sódico y 1.232.000 toneladas de salitre potásico de 30%.

Como lo demuestran los cuadros que preceden, los porcentajes de posible recuperación de valores son variables según los elementos de que se trate. Evidentemente son variables también las leyes de las diferentes sales contenidas en el caliche, pero aun asumiendo que muchos de los valores enumerados no encuentren de inmediato mercados apropiados, las posibilidades eventuales de su explotación son inmensas. Sin embargo, estamos recién en el umbral de un posible nuevo mundo para la industria del salitre, y debemos tener cuidado de distinguir entre las realizaciones ya obtenidas, las metas próximas a alcanzarse, y meras especulaciones. En esta conexión quiero referirme brevemente al Sulfato de Calcio (yeso), contenido en el caliche que llega a las plantas. Lo que se expresa como equivalente de sulfato de calcio es en realidad una cantidad de sales a base del elemento calcio y que adolecen todos del defecto de complicar indebidamente el proceso de lixiviación. Si bien los compuestos de calcio son relativamente solubles en agua, no es menos cierto que tienden a combinarse con el sulfato de sodio durante la concentración de las soluciones en los pozos. Esta sal doble, llamada "Clauberita" reduce las posibilidades de extracción del sulfato de sodio. En consecuencia, es preferible eliminar el sulfato de calcio como sólidos a través del sistema de lixiviación de las plantas. Además, las posibilidades de recuperación industrial son muy remotas.

Todos los valores indicados corresponden, como ya lo hemos dicho, al caliche actualmente minado para las plantas "María Elena" y "Pedro de Valdivia". Además de éstos, se dispone de enormes reservas en los rípios de las oficinas salitreras y de caliches de baja ley en nitrato e incluso de la sobrecarga y costra descartadas en operaciones mineras del pasado. Ni por el proceso Guggenheim original, ni mucho menos por el proceso Shanks, estas incalculables reservas estarían económicamente a nuestro alcance.

El nuevo proceso de evaporación solar consiste en agregar *agua adicional* al lavado de los rípios provenientes de la lixiviación de las plantas Guggenheim. Esta agua no sólo desplaza nitrato sódico adicional que antes solía pasar con el rípio al botadero, sino que disuelve también sales dobles de potasio, boratos, yodo, sulfatos y magnesios que son solamente en parte solubles en el agua vieja de las plantas salitreras. Esas nuevas soluciones por cierto no deben de ser desplazadas hacia el ciclo de lixiviación corriente, sino que se estrujan, se bombean hacia sendas lagunas de evaporación solar (llamadas "Pozos") y después de concentrarse debidamente, los productos químicos pueden ser elaborados por procesos ya conocidos, o bien en actual estado de desarrollo.

Al presente, sólo 4 de estos pozos han sido construídos por la Compañía Salitrera Anglo-Lautaro, con una superficie total expuesta a la evaporación de

176.000 mts². Los pozos son de 200 x 220 metros lineales cada uno. El líquido tiene una profundidad no menor de 0.50 mts. Con una evaporación solar de m.o.m. 6.0 litros por metro cuadrado por día, alrededor de 1.000 metros cúbicos de agua pueden ser evaporados diariamente. Evidentemente, esta misma cantidad de agua es la que hoy por hoy podemos agregar como término medio al lavado de los ripios de la Oficina María Elena, antes de descartarlos. La planta Pedro de Valdivia aún no está conectada al sistema de evaporación solar, pero nuestros proyectos contemplan su incorporación, tan pronto se disponga de superficie de evaporación suficiente en Coya Sur, lugar donde se ha establecido la Planta de Evaporación Solar.

Nuestros planes inmediatos consultan por ahora un ensanche a 10 pozos. La unidad de 10 pozos se ha determinado arbitrariamente como base, pero todo ensanche adicional puede hacerse en el número de unidades que se desee, sin limitación a grupos de 10 pozos. Sin embargo, para la cantidad total de pozos a construirse hay un límite económico, en función del tonelaje diario de ripios que se lavarían. Con el tonelaje actual de caliche a las plantas, de 55.000 toneladas, y sus leyes actuales en compuestos químicos, se estima que una planta de evaporación solar de 40 pozos constituiría este límite, por ahora. Una instalación de 40 pozos evaporaría un término medio de 10.000 mts³. de agua por día, una cantidad muy respetable en nuestro desierto (gasto = 115 lt/seg.) que cuenta con los Ríos Loa y San Salvador como únicas fuentes inmediatas de abastecimiento. Es posible, aunque poco probable, que para un desarrollo en muy vasta escala del proceso por evaporación solar en un futuro más lejano se tenga que recurrir a la elevación de agua de mar a la pampa, venciendo un desnivel de 1.600 mts. y una distancia en línea recta de unos 50 Kms.

Antes de entrar en la construcción de los pozos se tuvo que vencer un obstáculo muy serio. El problema era de hallar un método de construcción que los hiciera absolutamente impermeables a las soluciones y que fuese eficaz y económico a la vez.

No se encuentran en la pampa salitrera grandes extensiones de depósitos arcillosos impermeables. La superficie del terreno es en extremo porosa y se descompone de mezclas variables de piedra, grava y arcilla de dudosa calidad, todo cementado con sales. Mas abajo hay material de mayor densidad, con más arcilla, pero siempre impregnado con sales, intercalado por clivajes de arena y grava. Después de mucho probar nos convencimos que no había esperanza de obtener resultados satisfactorios con los suelos naturales de la pampa, ya que a través de filtraciones se perderían casi todos los valores contenidos en las soluciones.

En otras partes del mundo donde se recurre a evaporación solar suele contarse con extensas planicies arcillosas en las que construyen los pozos. Estos no son del todo impermeables, pero ya que las fuentes de extracción de soluciones salinas son prácticamente inagotables, filtraciones moderadas carecen de importancia. Esto se refiere a cloruro de sodio del agua de mar, cloruro de potasio del Mar Muerto y también a las aguas salinas en el subsuelo del Desierto Salado en Utah.

También se han usado métodos por evaporación solar por muchos años y en muy distintas partes del mundo para producir sal del agua de mar (cloruro de sodio).

En cambio, ya que las soluciones derivadas de nuestros ripios o caliches de baja ley están limitadas en su volumen y sólo pueden obtenerse a cierto costo, prácticamente cualquiera filtración es prohibitiva. Se ha calculado que una filtración de sólo 100 cm³. por m². por día representa una pérdida de 5% en valores de salitre y potasio en las soluciones.

Se estudió y luego se descartó un proyecto de hacer las lagunas de planchas de acero soldadas. Además de su enorme costo, jamás se habría podido evitar quebraduras de las juntas soldadas, particularmente por contracción y dilatación en pozos secos. Concreto armado también se descartó por su rigidez, en una región muy frecuentada por violentos temblores de tierra. Las trizaduras del concreto y consiguientes filtraciones de soluciones habrían sido inevitables.

Durante cerca de 10 años el Dr. Stanley Freed realizó sus investigaciones y experimentos, en busca de una composición adecuada y económica de materiales que pudieran servir para impermeabilizar los futuros pozos de evaporación solar.

Después de innumerables pruebas; después de muchos fracasos y decepciones, encontró finalmente un material que se estimaba podía satisfacer todos los requisitos. Consistía éste en una mezcla de 1 parte de ripios de la Oficina María Elena, 1 parte de piedra chancada (10 cms. tamaño máximo) y 3% de cal apagada. Estos ingredientes mezclados con agua en una mezcladora de concreto de gran capacidad, constituían una composición ideal. La mezcla tenía que ser colocada en capas de 50 cms. de espesor y compactada por rodillos.

Antes de acometer la construcción de pozos grandes, definitivos, se decidió construir uno de carácter experimental, de sólo 5.000 m². de superficie. Una vez terminado se llenó con soluciones de la planta de María Elena, con el objeto de determinar si su impermeabilidad a las soluciones resistía a toda prueba. Durante 100 días se analizaron sus soluciones, por si ocurrieran filtraciones. Todos los exámenes resultaron negativos, pese a que durante este período ocurrieron dos temblores bastante severos. Recién después de obtener plena seguridad de que el material empleado era realmente adecuado, se procedió a construir los primeros 4 pozos de la Planta definitiva de Evaporación Solar. Estos tienen una superficie de 44.000 m². cada uno, y están en operación desde el año 1951, sin haber presentado indicios de filtración alguna. Su explotación y las experiencias prácticas recogidas han sido tan satisfactorias que se considera el ensanche de esta planta a 10 unidades de pozos como el tema número uno en nuestra agenda de inversiones de capital para la modernización de la industria.

Los pisos de los pozos, una vez arrodillados, se tornan muy densos y muy tiesos. Es poco menos que imposible destrozarlos y, en contraste con el concreto de cemento, no se trizan. Creemos que son capaces de resistir los efectos de los temblores que son frecuentes en el Norte de Chile.

Cuando los pozos, una vez terminada su construcción, son llenados con soluciones que contienen sulfato y magnesio, algo de estas soluciones penetra en el piso arrodillado, donde el magnesio y sulfatos reaccionan con la cal, formando hidróxido de magnesio y la sal doble llamada "GLAUBERITA" de la fórmula CaSO₄, Na₂SO₄. Estas sales son de carácter voluminoso y llenan toda grieta o intersticio en el piso, el que se hace así absolutamente impermeable. Tan voluminosas son estas sales que se pudo comprobar en el laboratorio que ellas ad-

quieren 7 veces el volumen de la cal, al agregar ésta a una solución corriente, proveniente del proceso de lixiviación de las plantas salitreras.

Ahora que el proceso de evaporación solar tal como lo diseñamos brevemente está en plena actividad, es de interés señalar en líneas generales cómo se opera, qué resultados produce y qué expectativas nos ofrece para el futuro.

Las soluciones débiles provenientes de las plantas salitreras llegan al primer pozo y son avanzadas a los pozos siguientes, a medida que la evaporación de líquido lo permite. Las soluciones se saturan más y más en nitrato de sodio, potasio, ácido bórico, yodo, perclorato de potasio, etc. El potasio como salitre potásico y perclorato de potasio (si es que se deseara explotarlo) pueden recuperarse por el proceso de refrigeración, conocido en nuestras plantas de María Elena y Pedro de Valdivia.

Mientras progresa la saturación por evaporación, dos sales se precipitan al fondo de los pozos, a saber: cloruro de sodio y ASTRAKANITA. Esta última es una sal doble de sulfato de sodio y sulfato de magnesio, de la fórmula Na_2SO_4 , MgSO_4 , $4\text{H}_2\text{O}$. Aunque temo apartarme algo del tema de la presente exposición, estimo del caso referirme a algunos fenómenos que dicen relación con la producción de Astrakanita. Esta sal se forma y finalmente se precipita, cuando la proporción de todos los sulfatos a magnesio es de 11.7 a 1.0. Es poco probable que las soluciones provenientes del lavado de los ripios arrojen exactamente esta proporción, pero no es menos cierto que se puede mezclar soluciones de distintos valores, hasta obtener esta proporción óptima. Por ejemplo, las soluciones de María Elena, por lo general, son altas en magnesio mientras que las de Pedro de Valdivia son más altas en sulfato de sodio.

Cuando la concentración de magnesio es superior a la razón de 11.7 a 1.0, siempre se precipitará cloruro de sodio y astrakanita, pero la concentración de magnesio crecerá en las soluciones y eventualmente aparecerá como contaminación adicional de sulfato de magnesio en el salitre potásico que finalmente se elabora. Un exceso de sulfato de sodio, en cambio, origina también precipitación de cloruro de sodio, astrakanita y sulfato anhidro de sodio, pero con peligro de formarse en las etapas finales darapkitita, una sal doble de nitrato y sulfato de sodio.

Se tuvo que enfrentar el importante problema de cómo cosechar todas las sales llamadas de "desecho", ya que había que eliminarlas de los pozos. Una posibilidad habría sido la de secar los pozos sucesivamente, para disponer por medios mecánicos de esas sales, ya sea eliminándolas por medio de correas transportadoras portátiles, o bien cargándolas en camiones de volteo, etc. Todos estos procedimientos son costosos y engorrosos. Además, al secar las lagunas por completo, habría sido inevitable que importantes valores de nitratos de sodio y de potasio, así como boratos y yodatos, se precipitasen al final y se perdieran junto con las sales de desecho. Después de acuciosas experimentaciones se llegó a desarrollar un sistema de dragas de succión, montadas sobre vehículos automotores que pueden recorrer libremente las lagunas, en las que, como habíamos dicho, el líquido tiene una profundidad sólo del orden de los 50-80 cms. Como vehículos portadores se escogieron chasis de motoniveladoras de caminos, las que fueron equipadas cada una con bomba centrífuga y rodillo desintegrador frente a un ancho chupador, muy similar en su diseño a la boquilla de aspiración de un aspirador de polvo que se emplea en la limpieza de alfombras. Una cañería flexible conecta la draga

móvil con las cañerías de aducción en tierra firme, y estas cañerías a su vez conducen la pulpa aspirada por las dragas a una planta de filtros, equipada con filtros cilíndricos u horizontales. Esta planta de filtros elimina los sólidos, principalmente astrakanita y cloruro de sodio, y retorna las soluciones restantes a los pozos.

Ahora bien, este proceso dista mucho de ser tan simple como suena. Si bien las soluciones que alimentan los pozos deberían tener la clásica proporción de 11.7 a 1.0 entre sulfatos y magnesio, en los propios pozos esta proporción se altera substancialmente. Entran aquí en juego fenómenos de supersaturación y factores derivados de los cambios de temperaturas de las soluciones en los pozos, entre día y noche y entre estaciones del año. Incidentalmente, si se ha escogido una profundidad de las soluciones no inferior a 50 cms., lo ha motivado precisamente la consideración de evitar cambios demasiado bruscos de temperaturas.

Las sales que se cosechan de la planta de desechos son almacenadas en la pampa y pueden ser, en un futuro próximo, una importante materia prima para subproductos que se desee producir.

(3 a) I. Una vez eliminada la astrakanita y cloruro de sodio de los fondos de los pozos continúa el proceso de concentración de soluciones en nitratos de sodio y en potasio, el que conduce finalmente a la producción de salitre sódico y potásico en la planta de cristalización de Coya Sur, por cristalización. Desde luego, desde el punto de vista económico, el potasio, componente número uno del salitre potásico, es el elemento más importante en las soluciones.

La importancia del potasio estriba en que es un elemento indispensable como abono para muchos cultivos agrícolas. Hasta que estallara la primera guerra mundial, Alemania sostenía un verdadero monopolio en el aprovisionamiento del mundo con Cloruro de Potasio, proveniente de grandes yacimientos naturales. Durante esa guerra se realizaron exploraciones en los Estados Unidos, las que condujeron al descubrimiento de yacimientos importantes en ese país. Sus plantas de fertilizantes mezclan sales de potasio con salitre sódico chileno y con fertilizantes nitrogenados sintéticos, precisamente para aportar potasio a los suelos. Consecuentemente, el salitre potásico chileno es muy codiciado por la agricultura y obtiene un importante sobreprecio sobre el salitre sódico corriente. Este sobreprecio llega hasta \$ 14 M. A. por tonelada.

El contenido de potasio en el caliche elaborado en María Elena y Pedro de Valdivia a través de los años, ha fluctuado entre un mínimo de 0.50% y 1.00%. A primera vista estos valores pueden crear una ilusión de insignificancia. Pero al visualizar que 1.0% de potasio recuperable es equivalente a 8.2% de nitrato de sodio en salitre potásico de 30%, se puede comprender que si este potasio fuese todo recuperado, todo el nitrato de sodio contenido en el caliche se podría convertir a salitre potásico de 30%; asimismo, 0,5% de potasio recuperable puede convertir la mitad de nitrato sódico en el caliche a salitre potásico de 30%. Está comprobado que todos los caliches contienen entre 0.5% y 1.0% de potasio elemental.

Se cree que el potasio se encuentra en el caliche en una sal doble —llamada "POLYHALITA" (fórmula K_2SO_4 , $MgSO_4$, $2CaSO_4$, $2H_2O$). Este compuesto es poco soluble en el agua vieja de las plantas salitreras y no se puede recuperar potasio, hasta que no se haya obtenido por evaporación una concentración de a lo menos 40 gramos/litro.

Ahora bien, lo que el potencial de producción adicional de salitre sódico y de salitre potásico representa para la Industria del Salitre, lo demostraremos con algunas cifras. La base de estas estimaciones es una planta de evaporación solar de 40 y más pozos, y 17.000.000 toneladas anuales de caliche de 8.5% de ley en nitrato de sodio, a elaborarse en las plantas de María Elena y de Pedro de Valdivia.

En el supuesto que nuestras investigaciones en camino nos permitan desarrollar métodos de elaboración adecuados, esta planta sería capaz de atender a una producción anual, adicional a la de las plantas María Elena y Pedro de Valdivia, de 300.000 toneladas de salitre, todo potásico, y de convertir en potásico de 14% la mayor parte del salitre producido por las oficinas María Elena y Pedro de Valdivia. No se necesita de mucha elocuencia para señalar el importante avance que esto significaría para la industria, ya que se obtendrá esta producción adicional y conversión a valores monetarios superiores (salitre potásico), sin aumentar la materia prima a tratarse (caliche). Cuando sea posible producir y exportar más de 1.000.000 toneladas de salitre potásico, un sobreprecio de \$ 14 M. A. por tonelada representa una retribución generosa, máxime cuando este ingreso adicional está representado por divisas y sin que el costo directo de producir salitre potásico sea sensiblemente mayor que el de salitre sódico. Por cierto, las inversiones de capital nuevo requeridas para el ensanche de la actual Planta de Evaporación Solar no serán despreciables, pero tampoco alcanzarán a una magnitud comparable a los necesarios para construir nuevas plantas salitreras de la magnitud de María Elena y Pedro de Valdivia. Sobre este punto volveremos más adelante.

(3 b) II. Siguiendo el orden de importancia de productos económicamente recuperables por el proceso de evaporación solar llegamos a bosquejar las posibilidades de producir yodo en forma más económica y en abundancia.

El yodo ha sido por mucho tiempo un elemento con cuya producción la Industria del Salitre de Chile ejercía un efectivo control sobre los mercados mundiales. Este estado de cosas ha cesado, pues no sólo grandes empresas norteamericanas (Dow Chemical Corp.) sino también algunas industrias japonesas lo producen. Este control que ejercía la industria de Chile permitió mantener precios de venta en los mercados mundiales bastante elevados.

Hay que tener presente que el yodo ha sido originalmente un elemento que se usaba casi con exclusividad en la farmacología. Como producto de farmacia habría sido un error que se le hubiera vendido a precio bajo, ya que este precio bajo no habría favorecido a nadie, y habría ido en perjuicio de nuestra propia industria del salitre y yodo. Esta situación ha cambiado fundamentalmente, pues hoy en día el empleo del yodo en la farmacología ha pasado a un plano muy secundario. El yodo se emplea hoy en vasta escala como agregado a alimentos de animales domésticos; le sigue en importancia su utilización en la industria fotográfica. La farmacología recurre al yodo en escala decreciente, y recién ahora se vislumbran grandes posibilidades para el yodo como reactivo químico. Hoy en día, una reducción de costos de producción y por ende de los precios de venta del yodo puede redundar en un consumo muy incrementado como reactivo químico. Es posible que el yodo pueda emplearse en grandes cantidades en la fabricación de titanio y de sus compuestos.

Es de interés mencionar aquí que nuestra industria del salitre y yodo, a tra-

vés de sus organismos técnicos en Nueva York y en Londres, ha realizado importantísimas investigaciones, llamadas a encontrar nuevas aplicaciones al yodo y a mejorar las aplicaciones actuales. Esos centros de investigación han adquirido gran prestigio y fama internacional y no se puede dudar de que su labor ha sido eficientísima en su búsqueda de las nuevas aplicaciones como reactivos y en la expansión de los usos del yodo en la farmacia y alimentos de animales.

Es verdad que en los primeros tiempos de la industria no existía incentivo para bajar los costos y los precios, pero como esta situación ha cambiado, nuestra industria está vivamente interesada en modernizarse. En las investigaciones que se han llevado a cabo en el Norte de Chile, se han buscado nuevos procesos. El proceso que hoy por hoy se emplea consiste esencialmente en la conversión de yodato de sodio a yoduro de sodio, mediante la aplicación de bisulfito como reactivo. Yodo libre se precipita al agregar una cierta proporción de agua vieja con yodato en solución, a la solución en yoduro.

Pese a que este proceso ha sido usado desde el origen de la industria, adolece de claros defectos, a saber:

1. Un gran volumen de agua vieja tiene que ser tratada para recuperar poco yodo;
2. El bisulfito de sodio, en el mejor de los casos, es sólo hasta un 60% eficiente en la reducción de yodato a yodo. El resto es oxidado a sulfato de sodio, debido al ácido nítrico presente. Esta reacción es probablemente catalítica;
3. No más de un máximo de 35% del yodo contenido en el salitre es recuperable.

Sin embargo, la investigación de nuevos procesos puede conducir a aberraciones, como lo demostraremos en un ejemplo, con el solo fin de ilustrar sobre las dificultades con que se suele tropezar.

En nuestro laboratorio se había desarrollado lo que en apariencia era un método muy simple y prometedor para producir sales de yodo de las soluciones de la planta de evaporación solar. De estas sales podría posteriormente producirse yodo elemental. El proceso adolecía sí, de un defecto, pues si bien era excelente en el laboratorio, no resultó por ahora aplicable a la escala mayor de la planta de evaporación solar, debido a que intervienen factores que son controlables en el laboratorio, pero que se escapan de nuestro control en el orden de grandes volúmenes de soluciones. Este proceso lo hemos dejado a un lado temporalmente, pero nunca se sabe qué alternativas futuras pueden presentarse que lo pondrían nuevamente de actualidad.

Sin embargo, tenemos mucha fe y fundadas esperanzas en que el actual proceso empleado en la elaboración del yodo se pueda modernizar y concentrar en una sola planta de nuevo diseño, con controles automáticos, construída de materiales y elementos a prueba de corrosión, etc. Como actualmente se utiliza sólo una fracción del agua vieja de las plantas de María Elena y Pedro de Valdivia, es muy posible que las economías derivadas de una planta y equipo más modernos y la utilización de todo el volumen de soluciones, nos permitan entrar en el mercado a mucho más bajo precio y con mucho mayores cantidades de yodo.

c) I. Entre los valores más abundantes que encontramos en los pozos de evaporación solar, habíamos mencionado el *Sulfato de Sodio* (Na_2SO_4). Este producto cuenta con un mercado muy atrayente y creemos haber encontrado un proceso

simple que nos permite producirlo directamente en su forma de sulfato anhidro. La oficina María Elena había producido anteriormente este sulfato de sodio. En efecto, entre los años 1933 y 1935 se elaboraba en la planta de cristalización por enfriamiento fraccionado, además del salitre sódico, el sulfato de sodio decahidro ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Este producto pasaba por secadores calentados a petróleo, para eliminar el agua fijada en sus cristales, pero el gasto de combustible era excesivo y se tuvo que abandonar la producción de sulfato sódico, ya que no dejaba margen de utilidad. Se probó también de secar sulfato decahidro al sol, pero allí las pérdidas de producción por el viento que blanqueaba los cerros vecinos a la cancha de secamiento, hacían prohibitivo el costo. Un nuevo proceso estudiado en escala de laboratorio y que se encuentra en pleno desarrollo promete producir sulfato de sodio anhidro directamente, prescindiendo de la etapa del sulfato decahidro. En líneas generales este proceso consiste en el agregado continuo de proporciones controladas de solución de Astrakanita y Cloruro de Sodio a una solución final que ya se halla en estado de equilibrio. Sulfato de sodio anhidro se precipita cerca del punto final de la reacción. Un proceso de flotación permite separar Astrakanita y Cloruro de Sodio de las sales de desecho de la planta de evaporación solar, de modo que a lo menos un 95% de la astrakanita y cloruros que hoy en día se bota estaría disponible para la producción de sulfato de sodio.

Es de esperar que con la presente planta de 4 pozos pueda producirse 23.000 toneladas anuales, con una planta de 10 pozos alrededor de 85.000 toneladas, basado en la producción regular de sales de desecho en la planta de evaporación solar. Pero, como ya existe un stock de más o menos 300.000 toneladas de sales de desecho, provenientes de las operaciones en los últimos cuatro años, el potencial para producir sulfato de sodio en gran escala y en breve plazo, es considerable. Como más atrás lo habíamos indicado, estimamos que una planta de evaporación, llevada a su máximo desarrollo, tendrá un potencial para producir alrededor de 1.200.000 toneladas de sulfato de sodio, supeditado naturalmente a que 10.000 m³. diarios de agua para hacer soluciones sea suficiente; las investigaciones necesarias están en su etapa de simple infancia.

Otros productos que eventualmente podrían cosecharse serían el ácido bórico, el cloruro de sodio y sales de magnesio. El ácido bórico aparece en el caliche en compuestos muy complejos acerca de los cuales muy poco se ha investigado. Es posible, pero esto pertenece al campo de la especulación, que se halle normalmente en el caliche en forma de dos sales dobles; una sería un borato de magnesio de la fórmula $\text{MgB}_2\text{O}_4 \cdot 4\text{H}_3\text{BO}_3$ y la otra sería un pentaborato de potasio de la fórmula $\text{K}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_3\text{BO}_3$. Bástenos decir que es posible separar ácido bórico del agua vieja del salitre potásico, por acidulación. Se obtiene un producto crudo que requiere refinación por recrystalización. En todo proceso a desarrollarse es esencial evitar contaminación del producto con hierro, pues éste le da un colorido amarillo de paja, muy difícil de remover. Si bien se pueden producir varias diferentes sales derivadas del ácido bórico, si hubiese demanda en el mercado, no es menos cierto que se procurará producir principalmente ácido bórico, del que se puede derivar bórax y borato de calcio que tienen una demanda conocida en la industria del vidrio. Es algo aventurado, en el presente estado de las investigaciones, pretender hacer estimaciones fidedignas de la posible producción de ácido bórico en el futuro. Sin embargo, se cree que ésta podrá ser del

orden de unas 14.000 toneladas anuales, en una planta de evaporación solar de 40 pozos, sujeto siempre a la premisa de encontrar métodos apropiados para elaborarlos. Como es natural, el aprovechamiento de este potencial quedaría sujeto a las posibilidades de colocar el producto en el mercado mundial.

Por ahora no hay un mercado visible para cloruro de sodio en grandes cantidades. Esta sal es muy barata en la mayoría de los países y los fletes harían su exportación prohibitiva. Para consumo regional podría producirse una pequeña cantidad. En caso que la planta de evaporación solar genere una extensa industria química pesada, el cloruro de sodio podría ser una materia prima de importancia.

No puede, sin embargo, dejar de considerarse la exportación de sal con aplicación de fracciones de yodo. Como el yodo es un ingrediente importante en los alimentos para animales, la posibilidad de tratar Cloruro de Sodio con yodo para exportarlo como un producto de calidad, estaría perfectamente dentro de nuestra órbita.

El *sulfato de magnesio*, o sus equivalentes, que se encuentra presente en grandes cantidades en nuestros caliches, representa por ahora sólo un potencial de futura riqueza. El mayor interés estriba no tan sólo en la producción de sulfato y cloruro de magnesio para su colocación en los mercados, sino en la posibilidad de producir el metal magnesio. Como se sabe, desde la última guerra este metal no sólo se emplea en la construcción de aviones, por su bajo peso, sino también en la fabricación de elementos de uso doméstico y comercial. Se le ha empleado en máquinas de coser y de escribir, así como en la manufactura de escaleras y andamios ligeros. Las expectativas de producirlo en Chile dependen en sumo grado de los costos con que se pueden obtener ciertas sales de magnesio en nuestros procesos futuros.

Cabe hacer unas breves observaciones acerca de la presencia de *Perclorato de Potasio* ($KClO_4$) en las soluciones de los pozos. Esta sal tiene la muy poco deseable cualidad de buscar asociación con el salitre potásico, y al producir este último en las centrífugas, de aparecer como contaminación del salitre. Un exceso de perclorato de potasio en el salitre puede ser perjudicial. En consecuencia, la producción eventual de perclorato de potasio en el proceso de evaporación cumpliría el doble objeto de eliminarlo de las soluciones, donde puede ser indeseado, y de obtener un producto que posiblemente encontraría mercado. Sin embargo, esto último es poco probable, por ahora. Teóricamente unas 4.000 toneladas anuales de perclorato podrían producirse en un sistema de 40 pozos, pero las investigaciones de recuperación hasta ahora realizadas, revelan que los procesos de elaboración son complicados y están lejos de haberse agotado.

Por último, y sin poder adelantar nada completo, no debemos omitir la presencia de compuestos del elemento "*Lithium*" en nuestros caliches y soluciones de la planta de evaporación solar. Sin embargo, sus concentraciones son sumamente débiles y no se han investigado aún las posibilidades de recuperarlo. En nuestra planta actual el Lithium se pierde, en forma de contaminación del salitre que se produce, o bien en los ripios. Este elemento y sus compuestos han adquirido últimamente inusitado interés. Los minerales de que éste se produce, hoy por hoy, son en su mayoría muy complejos. El metal "*Lithium*" tiene un precio que gira alrededor de US\$ 14/libra (Eng. & Mining Journal, sept. 1955, pág.

83). El consumo estimado para 1955 de los Estados Unidos de compuestos de "Lithium", expresado en carbonato de "Lithium" es del orden de 9.000.000 de libras. El principal empleo de sus compuestos es por ahora en la fabricación de grasas lubricantes y en cerámica.

Nuestra fantasía nos puede conducir a desarrollos revolucionarios de la industria. Si hay algo que la ciencia y la ingeniería moderna nos han enseñado, es el empleo parco de la palabra "jamás". Una cantidad de cosas que nuestros padres vaticinaban que "jamás" se realizarían, son hoy pan de todos los días. Se divisa la posibilidad de procesar caliches de baja ley y de sobrecarga en el terreno mismo. Sólo soluciones débiles serían conducidas a grandes áreas de evaporación solar. Ripios y terrenos minados de plantas salitreras ya fenecidas podrían ser procesados de nuevo. Todo es una especulación, pero una especulación que no carece de fundamento. Es verdad que los ingenieros vivimos en la realidad que nos rodea, y que no nos apoyamos en ilusiones, pero no es menos cierto que tenemos que pensar forzosamente no sólo en el hoy, sino en el mañana y en lo que vendrá en unos 5, 10 ó 25 años más.

Hoy estamos todavía amarrados a los conceptos de grandes plantas salitreras en el desierto, como lo son las Oficinas "María Elena" y "Pedro de Valdivia" que con razón nos enorgullecen. Mañana esperamos que la extensión del proceso de evaporación solar extienda la vida de las citadas oficinas y complemente eficazmente su productividad. Lo que ocurrirá en 25 años más es tema para la especulación y para la libre fantasía.

Para finalizar, creo oportuno referirme brevemente al tema relacionado con la capitalización de los próximos futuros desarrollos. Para construir hoy en día una planta salitrera como lo es la Oficina Pedro de Valdivia y dotarla de equipo rodante y motorizado, plantas de elaboración y campamentos, se requiere una inversión del orden de US\$ 120 por tonelada de capacidad anual. La citada oficina con su capacidad anual de 650.000 toneladas de salitre no podría ser duplicada hoy en día por menos de US\$ 80.000.000. En la planta de evaporación solar de Coya Sur, con sus 4 pozos se ha invertido ya US\$ 7.700.000. Esta inversión parece a simple vista algo elevada, pero no debemos perder de vista que lo gastado incluye el costo de experimentación y muchos items únicos, como ser vías férreas de acceso, líneas eléctricas de transmisión y cañerías de agua y para soluciones, etc. Esta suma abarca lo actualmente invertido, más la inversión en pesos chilenos, convertidos a dólares a los cambios vigentes en la época de la construcción de la planta de 4 pozos e instalaciones anexas. La expansión de esta planta en 6 pozos adicionales, para completar la primera serie de 10 unidades, más las instalaciones anexas, demandará una inversión del orden de los US\$ 4.500.000, completándose así una inversión total de US\$ 12.200.000 en esa planta.

De la planta de evaporación solar de 10 pozos se espera una producción adicional, sobre lo que la planta Guggenheim de María Elena es capaz de producir por sí sola, de 67.000 toneladas de salitre potásico de 30%, de 11.700 toneladas de salitre sódico y 85.000 toneladas de sulfato de sodio, por año. Como productos marginales, de elaboración eventual, agregaremos 990 toneladas de yodo, 970 toneladas de perclorato de potasio y 4.680 toneladas de ácido bórico. Estas cifras no representan, como es natural, estimaciones exactas de desarrollos futuros, sino que son aproximaciones que coadyuvan a ilustrarnos acerca de las deci-

sivas ventajas que nos procurará un divisor mayor, representado por la producción combinada de nuevos elementos y subproductos. Todos estos valores suman un total redondeado de 170.000 toneladas. En consecuencia, la planta de evaporación solar de 10 pozos, con sus elementos accesorios representaría una inversión de US\$ 12.200.000 : 170.000, lo que equivale a US\$ 72 por tonelada de capacidad productiva anual.

Mucho más favorable se presenta el cuadro con el potencial de productividad que nos ofrece la planta futura de 40 pozos.

Esta tiene que operar forzosamente con soluciones provenientes de las dos oficinas, María Elena y Pedro de Valdivia. Esto requiere las instalaciones necesarias para proveer a esa oficina del agua adicional para el lavado de los ripios, cañerías y bombas para la aducción de agua adicional a Pedro de Valdivia y de las soluciones de Pedro de Valdivia a Coya Sur. La inversión total para una planta de evaporación solar de 40 pozos, con todo lo que esta expansión requiere, incluso instalaciones adicionales indispensables en las oficinas María Elena y Pedro de Valdivia, se estima muy "a grosso modo" del orden de US\$ 40.000.000. Esta es una fuerte suma de dinero y evidentemente una expansión de la planta de evaporación solar a esa magnitud sería realizada en etapas sucesivas.

Evidentemente, no sería fácil la atracción de nuevos capitales si sólo se pudiera producir alguna cantidad adicional de salitre sódico en la planta de evaporación solar. Es de importancia fundamental producir todo el salitre potásico y, como lo habíamos expresado más atrás, el proceso de evaporación solar desarrollado hasta sus últimas consecuencias, permitiría producir casi todo nuestro salitre como potásico de 30% KNO_3 . También procuraremos producir todo el sulfato de sodio posible, aumentar la producción de yodo, todo el ácido bórico que encuentre mercado, etc.

Evidentemente, y quiero recalcarlo una vez más, el efecto de un mayor divisor, proveniente de un mayor tonelaje de productos a obtenerse de un determinado grupo de pozos y de plantas interconectadas es de suma importancia. Cuanto más tonelaje de producción se obtiene, tanto más bajo será el factor de inversión de capital por unidad productora y tanto más atrayente se presentarán las posibilidades que se nos brindan, como negocio y como atracción para capitales nuevos, sin los cuales nuestros planes no podrían surgir.

Este raciocinio, por cierto, se aplicará también a las facilidades de transporte y de embarcar los tonelajes de productos nuevos. Pero no es menos cierto que la expansión eventual de esas instalaciones y el incremento de equipos necesarios, se harán tanto más económicos, cuanto mayores sean los tonelajes a movilizarse.

Lo que acabo de exponer es en líneas muy generales la idea de la importancia que atribuimos al desarrollo del proceso de evaporación solar para la industria salitrera. Me he limitado a relatar lo que la Cía. Salitrera Anglo-Lautaro ha contribuido a este nuevo desarrollo y lo que nos proponemos hacer en el futuro. Esto no ha de menoscabar los métodos que otros productores de salitre están estudiando y que conducen todos hacia una idéntica finalidad, la de diversificar la clásica Industria del Salitre de Chile. Réstame solo expresar la esperanza que nuestros gobernantes visualicen la importancia de nuestras realizaciones y libren a la Industria del Salitre de las trabas que le impiden levantar vuelo para trasladarse nuevamente al sitio que le corresponde en la economía mundial.

A N E X O

TONELAJES DE PRODUCCION POSIBLES, EN PLANTA DE EVAPORACION SOLAR

	A	B	C
	En Planta de 10 pozos	En Planta de 40 pozos	En Planta de má- ximo desarrollo lavando ripios actuales
	Tons.	Tons.	Tons.
Salitre potásico	67.000	200.000	(1) 200.000
Salitre sódico	11.200	35.000	140.000
Sulfato de sodio	85.000	345.000	1.000.000
Cloruro de sodio	—	—	1.000.000
Sulfato de Magnesio . . .	—	200.000	400.000
Yodo	990	3.000	4.500
Acido bórico	4.680	14.000	100.000
Perclorato de Potasio . .	970	3.000	4.260
Totales adicionales . . .	169.840	800.000	2.848.760

(1) Además de la producción adicional de 200.000 toneladas de salitre potásico se espera convertir en salitre potásico toda la actual producción de salitre sódico de las oficinas María Elena y Pedro de Valdivia (1.000.000 toneladas anuales).