

662

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION

JDR/HLL/mtr.



INFORME INDUSTRIA SALITRERA Y SALAR  
DE ATACAMA

Ingenieros: Sr. José Dayller R.  
Sr. Horacio Labbé L.

DEPARTAMENTO INDUSTRIAS QUIMICAS  
División Industrias Químicas y Petroquímicas

Santiago, Mayo 1974.

Copia: smr.  
9.7.74

## INTRODUCCION.-

Es por todos conocida la situación por la que padece la industria salitrera nacional, originada principalmente por la competencia con el salitre sintético, que es un fertilizante de mejor calidad y cuyo costo de producción es inferior al de elaboración del salitre sódico.

El precio de venta de este producto y los altos costos han hecho que la industria deje pérdidas anuales superiores a los US\$ 15 millones. Estas condiciones no han permitido hacer nuevas inversiones, salvo contadas excepciones, lo que se traduce en una progresiva disminución de la productividad y por lo tanto de la rentabilidad de la empresa. Los equipos son antiguos, de tecnología de hace cuarenta años, y se encuentran en mal estado general debido a la casi no existencia de una mantención regular y planificada.

La actual situación mundial de las materias primas y la incidencia de los combustibles (debido a la fuerte alza experimentada) en las tecnologías más avanzadas, plantean ahora una situación diferente para la industria salitrera, con mejores perspectivas de resurgimiento económico.

Considerando además el carácter estratégico de la zona en la cual están ubicadas las oficinas salitreras de la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), se ve la necesidad y urgencia de revisar los proyectos que a esta industria están vinculados, como también encontrar un esquema de racionalización de la industria en cuanto a la operación y a la obtención de nuevos productos que permitan complementar a la industria, provocando con ello un mejoramiento de la rentabilidad.

La Corporación de Fomento a través de su División de Industrias Químicas y Petroquímicas, tiene programado el estudio y revisión de proyectos que permitan estos logros. En el mes de Marzo del presente año esta División destacó en la zona norte, por un breve tiempo, a los ingenieros Sres. Felipe Vergara, José Dayller y Horacio Labbé, con el fin de contactarse y visualizar las dimensiones y potencialidad de la tarea planteada.

El presente informe tiene por objeto señalar una proposición primaria respecto al programa de implementación a la industria salitrera, como así mismo entregar algunos antecedentes técnicos relacionados a esta industria, las que además permiten visualizar la realidad actual de la misma.

## 1.- PROCESO DE OBTENCION DE SALITRE.-

El salitre es un fertilizante nitrogenado cuyo único productor es SQM a través de sus oficinas Pedro de Valdivia, María Elena - Coya Sur, Victoria y Alemania. El proceso de obtención del salitre en estas plantas a excepción de la última, es el mismo, a rasgos generales, y su diferencia estriba en la obtención de productos secundarios (sulfato de sodio, sulfato de magnesio). En todas las plantas se obtiene  $\text{NaNO}_3$  y yodo, pero en María Elena el  $\text{NaNO}_3$  es transformado en  $\text{KNO}_3$ .

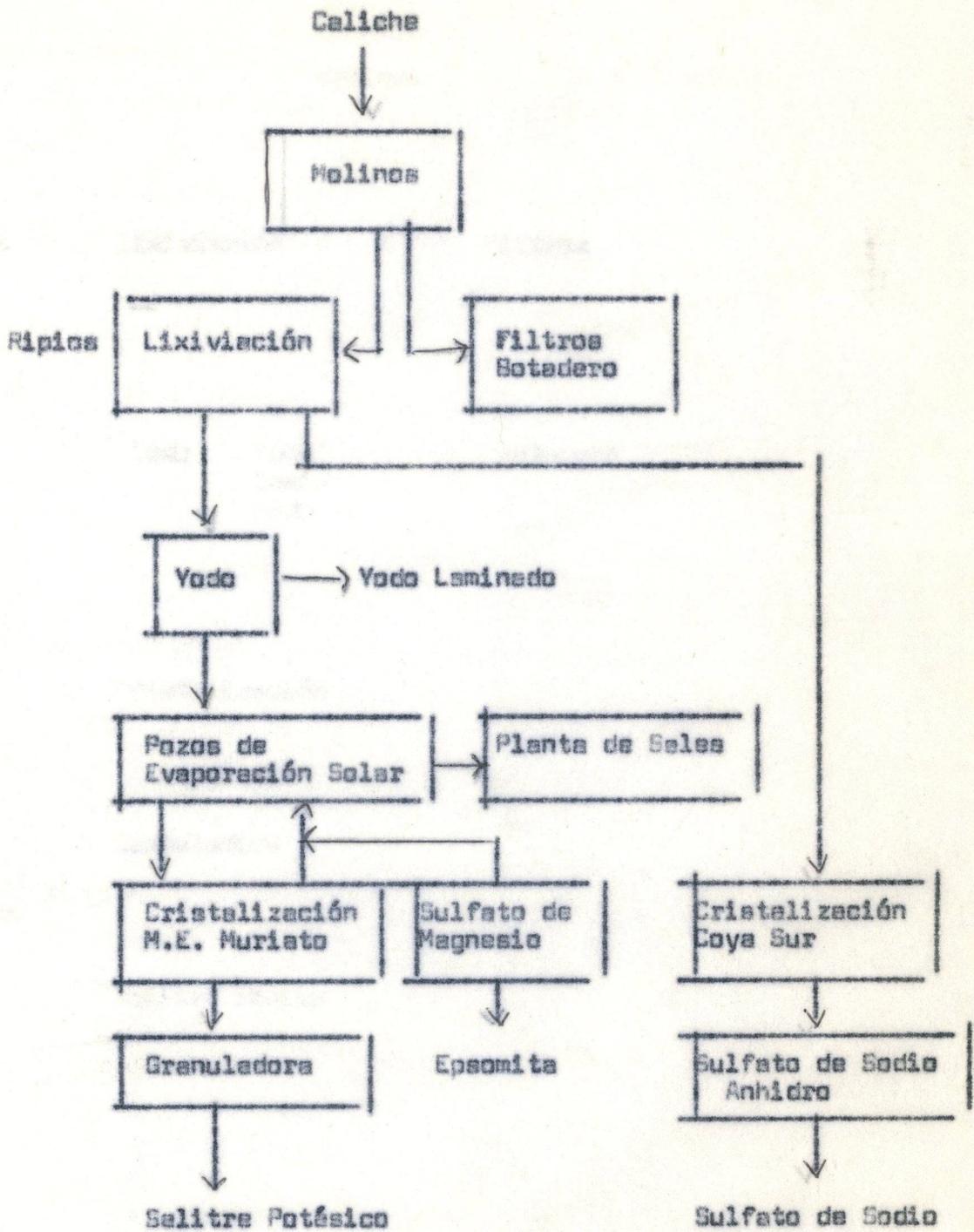
La oficina Alemania, ubicada en Taltal, es la planta más antigua y más chica de todas, no incidiendo su producción en el total producido por SQM. En el estudio no se considerará esta planta.

Básicamente en la obtención de salitre (nitrato sódico) existen las siguientes plantas o secciones: mina, mollienda, lixiviación en circuito cerrado, cristalización, filtro, yodo y granuladora. Anexas a todas estas secciones, que son las que existen en Pedro de Valdivia y Victoria, tiene en María Elena las plantas de Evaporación Solar, Muriato, Sulfato de sodio anhidro, Dual, Sulfato de magnesio heptahidratado (Epsomita), y en lugar de lixiviación en circuito cerrado existe la lixiviación en circuito abierto, que próximamente será modificado a los circuitos existentes en las otras 2 oficinas salitreras, en desmedero de la producción de sulfato.

En el anexo ND 1 se describen los procesos utilizados en las distintas plantas que conforman las oficinas salitreras, dejando claramente establecido que esta información no es de modo alguno, acabada, sino más bien corresponde a una explicación somera de las secuencias que integran el proceso.

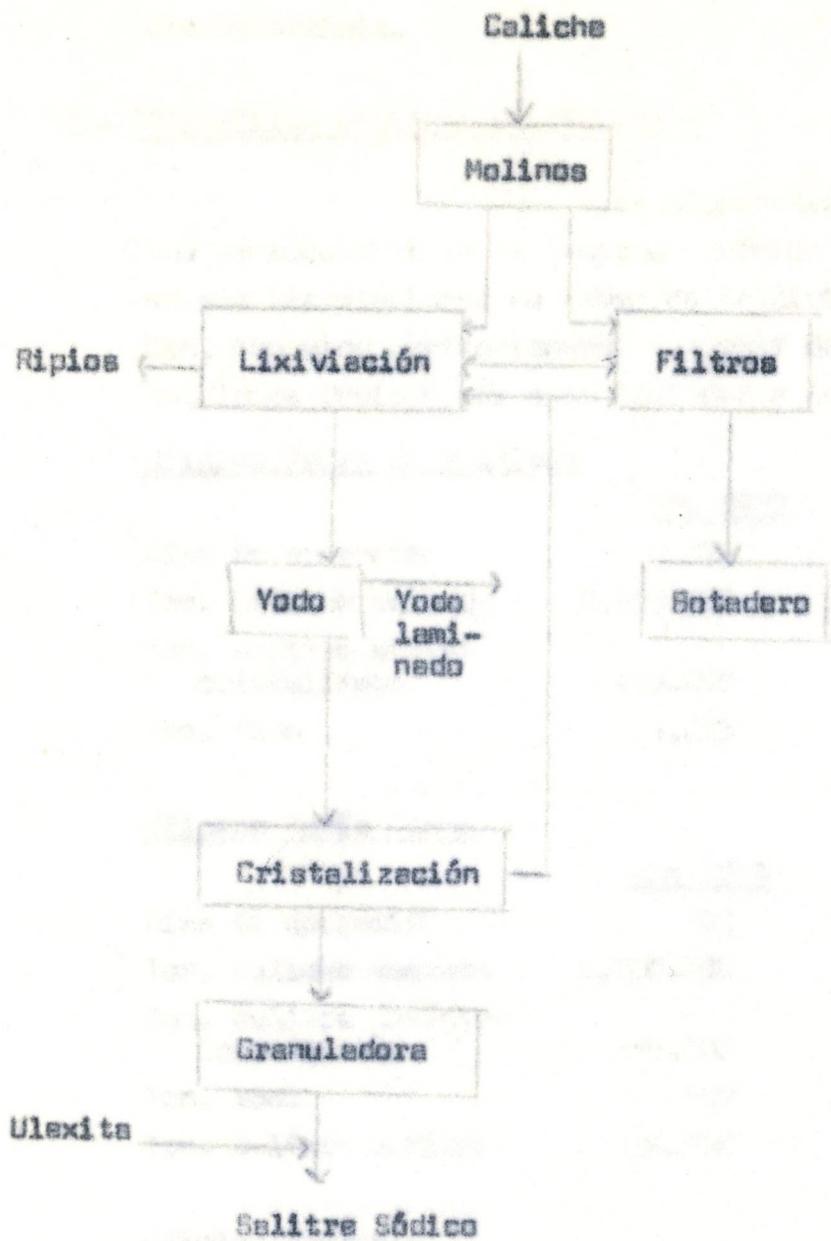
Los procesos que se explican para cada una de las plantas en el anexo ND 1, corresponde a las instalaciones de Pedro de Valdivia, y las plantas complementarias que no existen en dicha oficina, se refieren a las instalaciones de María Elena y Coya Sur; sin embargo, las explicaciones de los procesos de Pedro de Valdivia son igualmente válidos para los correspondientes de María Elena, a excepción de la Planta de Filtro que no existe en esta última.

DIAGRAMA DE BLOQUES A. (MARIA ELENA)



Abril, 1974

DIAGRAMA DE BLOQUES B. (PEDRO DE VALDIVIA)



Abril, 1974.

En los diagramas de bloque A y B se explica globalmente los procesos utilizados en María Elena y Pedro deValdivia.

2.- PRODUCCION OFICINAS SALITRERAS.-

Las siguientes tablas, que representan las producciones de la Sociedad Química y Minera de Chile S.A., en sus instalaciones de Pedro de Valdivia, María Elena y Victoria, han sido confeccionadas a partir del informe diario de producciones enviado por esta Sociedad a la Corporación de Fomento.

Oficina Pedro de Valdivia

	<u>Año 1973</u>	<u>Año 1974 (al 14.4.)</u>
Días de operación	336	101
Ton. Caliche vaciado	7.915.000	2.380.000
Ton. Salitre sódico cristalizado	420.000	134.500
Ton. Yodo	1.273	377

Oficina María Elena

	<u>Año 1973</u>	<u>Año 1974 (Al 18.4.)</u>
Días de operación	331	100
Ton. Caliche vaciado	4.200.000	1.280.000
Ton. salitre potásico Cristalizado	155.000	58.300
Ton. Yodo	627	191
Ton. Sulfato anhídrido	36.100	6.420

Oficina Victoria

	<u>Año 1973</u>	<u>Año 1974 (al 18.4.)</u>
Días de operación	358	108
Ton. caliche vaciado	1.955.000	626.000
Ton. salitre sódico cristalizado	102.000	31.100
Ton. Yodo	269	73

Producción Total SOQUIMICH

	<u>Año 1973</u>	<u>Año 1974 (al 18.4.)</u>
Ton. salitre sódico	522.000	165.600
Ton. salitre potásico	155.000	58.300
Ton. Yodo	2.169	641
Ton. sulfato anhídrido	36.100	6.420



3.- RESEÑA DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OFICINAS PEDRO DE VALDIVIA Y MARIA ELENA.-

Como se desprende de los cuadros entregados en el punto 2, la oficina Pedro de Valdivia representa el mayor porcentaje de la producción total, siguiéndole María Elena-Coyasur y Victoria. Lo que se diga respecto al estado de Pedro de Valdivia y María Elena es válido y extensivo a Victoria.

Para comprender rápida y directamente el estado actual de estas instalaciones, resulte conveniente hacer una breve reseña histórica de ellas.

Las plantas productoras de salitre fueron materializadas en la 3a. década del presente siglo por compañías extranjeras, las que determinaron en la época, que representaban inversiones de satisfactoria rentabilidad; sin embargo con el desarrollo tecnológico emergieron procesos que permiten la obtención de fertilizantes nitrogenados a más bajo costo y de composiciones que ofrecían otros nutrientes, lo que provocó cambios en el mercado que resultaron conocidamente perjudiciales para las perspectivas del fertilizante nitrogenado chileno.

Dentro de este panorama la política asumida por las empresas salitreras de la época, fue utilizar las instalaciones que ya poseían, con el fin de producir la máxima cantidad de salitre sin programar ni realizar mayores inversiones que mantuvieran en forma eficiente sus plantas, ni menos aún realizar inversiones que optimizaran la tecnología utilizada.

Bajo este criterio, de explotación transcurrió el tiempo hasta que las instalaciones que permanecían en el año 1968, pasaron a manos del Estado Chileno, constituyendo la Sociedad Química y Minera de Chile (SQM), la que asumió la responsabilidad de explotarlas. Fue así como esta Sociedad heredó un conjunto de Plantas, cuyos equipos tenía, en la mayoría de los casos, antigüedades cercanas a los 40 años y renovaciones y reposiciones de partes relativamente escasas.

Estos últimos años SQM no ha contado con los medios económicos ni personal técnico suficiente para efectuar mayores reposiciones de equipos, los cuales, en general, se encuentran en muy mal estado, debido a la deficiente mantención de las plantas. También debe tenerse presente que aplicar un criterio renovador en estas instalaciones, debe ir acompañado de mejores tecnologías que garanticen el éxito de la inversión.

A manera de cuantificar lo anteriormente señalado, dentro de la visión que adquirieron nuestros ingenieros en su reciente visita a las oficinas salitreras, cabe hacer mención a los siguientes puntos entre otros:

- Carencia de dragas y palas en la mina; debiendo desarmarse algunas para reponer otras.
- Carencia de equipo adecuado para prospectar la pampa.
- Carencia de carros calicheros para el transporte del mineral a la planta.
- Cirstalización de María Elena trabajando a baja capacidad debido a inutilización de 11 centrifugas (50% capacidad).
- Estado general de pipíng y aislación deficiente.
- Gran deterioro de tubos de los intercambiadores de cristalización.
- Granulación de Pedro de Valdivia trabajando a baja capacidad, por deficiencia de equipo.
- Case de Bombas Lixiviación María Elena con gran falta de repuestos.

En general, los equipos que corresponden a tecnologías antiguas, se encuentran en mal estado general y con reparaciones que de ninguna manera garantizan la operación continuada, sino más bien, permiten salir del paso. Dentro de otro rubro se requieren materiales para mantención de las instalaciones (pernos, etc.).

Sumado a los problemas de carencia y mal estado de equipos, existen inversiones recientes que se han realizado con algunos créditos condicionados (créditos Cramer), los cuales han permitido materializar algunas instalaciones que lamentablemente no se realizaron ~~(MK)~~ con las firmas más adecuadas, y es así como hoy, granulación (ME), cinta transformadora de ripios (P. de V.) y tratamiento de finos (P. de V.) se encuentran inutilizados debido a su mal diseño.

#### 4.- SALAR DE ATACAMA.-

En la búsqueda de fuentes nacionales de Potasio que permitan abastecer la industria salitrera y de esta manera otorgar fertilizantes con mejor contenido en nutrientes, aparece el Salar de Atacama cuya potencialidad en este elemento es extensa,

El Salar de Atacama está ubicado en la parte central de la provincia de Antofagasta, al sur de San Pedro de Atacama, entre los 23º y 23º 45' latitud sur y los 68º 10' y 68º 35' longitud oeste.

Los principales poblados, que se encuentran en la orilla oriental de este Salar, son San Pedro de Atacama, Toconao, Peine, Tilomonte y Tilopozo, existiendo ruta de acceso a estos pueblos. El área de este Salar corresponde a una gran cuenca tectónica rellena principalmente por sedimentos clásticos y evaporitas, limitada por las Cordilleras de Domeyko y de los Andes. Está elongada en el sentido Norte Sur, disimétrica y de unos 100 Km. de largo por unos 40 Km. de ancho. El Salar de Atacama ocupa la parte más baja de esta cuenca, a 2.300 m.s.n.m., con un área de 3.100 Km<sup>2</sup>. El núcleo de este Salar corresponde a un área de 1.400 Km<sup>2</sup>., ubicada al extremo sur del mismo.

Las principales ciudades relativamente cerca de este salar son Antofagasta y Tocopilla por la zona de la costa, y Calama en el interior. De Antofagasta y Tocopilla a Calama existe una carretera pavimentada en condiciones relativamente buenas, pero de Calama al Salar mismo existe un camino que pasa por San Pedro de Atacama, Toconao, Peine, Tilomonte y Tilopozo, el cual es de tierra y está en regulares condiciones, sobre todo en su último tramo, pero puede ser transitable por vehículos de carga. La ruta no pavimentada, es decir, de Calama al Salar mismo, es de 250 Kms. aproximadamente. Existen en la actualidad dos caminos que se internan en el Salar: uno de 20 Kms. desde la Península de Chépica con dirección aproximada de N 24° E, y a partir de éste uno perpendicular de 5 Kms. con dirección S 76° E, el cual, previo un estudio, podría extenderse hasta el camino de acceso a Peine ahorrando algunos Kms. y desventajas de camino.

El ferrocarril más cercano de este lugar es el internacional Antofagasta-Salta, y la distancia desde la parte Sur del Salar a este ferrocarril (Neurara) es de 90 Kms., puntos que están unidos por caminos que debieran estudiarse para ver su estado general.

La zona carece absolutamente de energía eléctrica, por lo cual si se materializa un proyecto de explotación de este Salar, habría que pensar en traer una línea de alta tensión desde Calama al lugar de explotación, destacando que este sería el único proyecto específico de la zona que usaría esta fuente de energía, naturalmente con un consumo mínimo de los pueblos adyacentes.

Esta zona tiene, quizás, una de las condiciones más favorables en el mundo para la utilización de la radiación solar en la evaporación y consiguiente concentración de las salmueras provenientes de este Salar. La humedad relativa en este

lugar es de 20% con fuertes vientos y variaciones periódicas de temperatura entre 5°C y 20°C a la sombra, lo que constituye un favorable recurso a utilizar en la tecnología que se usaría en el proyecto.

A mediados del año 1969, la Comisión del Instituto de Investigaciones Geológicas, con sede en Antofagasta, realizó un reconocimiento geológico preliminar en el Salar de Atacama.

En la actualidad la División de Minería de CORFO tiene destacados en la zona a un geólogo que está efectuando estudios de textura interna del núcleo del Salar y a un ingeniero Químico, que realiza investigaciones preliminares para estudios de Planta Piloto.

De acuerdo a las conclusiones entregadas por el Instituto de Investigaciones Geológicas se puede entregar la siguiente información:

- La actual superficie del Salar está formada por depósitos clásticos y evaporitas, distribuidos estos últimos en una zonación relacionada con la solubilidad relativa de las sales y que desde el borde del Salar hacia el centro corresponde a limos salinos, eflorescencias y un grupo salino central. En las eflorescencias salinas los minerales presentes son: Yeso, anhidrita, halita, y esporádicamente otros sulfatos, boratos (ulexita) y carbonatos. El núcleo salino es un cuerpo homogéneo de cloruro de sodio con escaso contenido superficial de cloruros de litio y potasio.

- Sondajes efectuados en los bordes del Salar detectan la presencia de sales hasta por lo menos 40 mts. de profundidad y en el núcleo un mínimo de 20 mts. de Na Cl, pudiendo establecerse un engranaje lateral entre las unidades salinas.

- En las zonas de contacto entre las unidades salinas y los bordes del Salar, hay aguas superficiales que escurren hacia el centro del mismo, y existe un acuífero libre con un nivel freático de hasta 1 mt. bajo la superficie del Salar, cuyas aguas consisten en salmueras. El nivel de aguas subterráneas está determinado por el equilibrio entre el aporte de aguas subterráneas y superficial, y la evaporación que constituye la única posibilidad de descarga del acuífero.

Las salmueras son del tipo clorado, con densidades entre 1,22 y 1,23 gr/ml, salinidad superior a 300 gr/lt con altas concentraciones de Na, K, Mg, y Li y de acuerdo a las características observadas presentan una zonación vertical y horizontal en sólidos disueltos. Se supone que el mayor gasto del contenido salino de estas salmueras cloruradas provienen de formaciones marinas, pero una parte importante de las aguas que llegan al Salar tienen su origen en vertientes termales relacionadas con el volcanismo andino, debiendo considerarse por lo tanto también un aporte volcánico a su contenido salino.

Del estudio del Salar se han encontrado hallazgos de alto interés económico:

1.- Según los análisis realizados a las salmueras situadas en la unidad salina que se ha denominado núcleo, en un área superior a 400 Km<sup>2</sup>, se estiman concentraciones superiores a 1 gr/lt de Li y 10 gr/lt de K. En sondeos efectuados en esta misma unidad se han determinado concentraciones de 3,2 a 6,4 gr/lt de Li y 28,50 a 37,00 gr/lt de K. Se ha determinado, preliminarmente, un aumento en las concentraciones de las salmueras hacia el centro y en profundidad en el núcleo.

Los valores del Li exceden en mucho a los que se encuentran en explotaciones actuales en otras partes del mundo, pero sin embargo, el mercado mundial del litio se encuentra ampliamente abastecido y con difícil acceso a él.

Después de considerar un factor de seguridad del 10% se infieren recursos potenciales de 40.000 Ton. de litio y 400.000 Ton. de potasio por metro vertical de yacimiento (400 Km<sup>2</sup>), estos valores, unidos a otros elementos recuperables como magnesio, rubidio, cesio, boro, etc., hacen del Salar de Atacama un depósito de gran interés económico.

## 5.- PROPOSICIONES.-

La División de Industrias Químicas y Petroquímicas de la Corporación de Fomento de la Producción, plantea un conjunto de proposiciones para la Industria Salitrera, las que a su criterio constituyen la pauta para implementar a esta Industria con el fin de obtener los logros señalados anteriormente.

Como ya se había mencionado, un criterio renovador en la Industria Salitrera, debe estar complementado de una política que permita dejar a ésta en un plano de moderna tecnología y utilización racional de los recursos que otorga la zona, lo

cual parece estar favorecido por las condiciones mundiales de Mercado y Materias Primas que existen en la actualidad. Esto puede ser cuantificado mediante un estudio de anteproyecto que podría ser realizado en forma conjunta por SQM y esta División, naturalmente en los casos que corresponda.

Las proposiciones que a continuación se detallan, estén basadas en el logro de una producción de fertilizantes que entreguen más nutrientes que los que tradicionalmente se ofrecen; esto significa que las oficinas salitreras de mayor capacidad (Pedro de Valdivia y María Elena respectivamente), basen su producción en obtener Nitrato de Potasio, además de la recuperación de otros productos, como yodo, sulfato de sodio, sulfato de magnesio y boro, los cuales constituyen en sí materiales primas reclamadas por el Mercado.

1.- Análisis de las operaciones actuales de SQM para proponer soluciones que permitan aumentar los rendimientos en la recuperación de Nitrato, Sulfato y Yodo.

Dentro de este estudio debe incluirse uno que plantee proposiciones concretas sobre el proceso de Lixiviación actualmente en uso (Sistema de Cochucos), ya que éste no entrega rendimientos satisfactorios en la recuperación de nitratos y sulfatos conjuntamente, además de ser éste un proceso de antigua tecnología y elevado costo de operación.

2.- Diseño y evaluación económica de una nueva planta salitrera en Pampa Piscis.

La Compañía Anglo Chilena Consolidated Nitrate Corporation estimó, en el año 1928, la existencia de unas 12.500.000 toneladas de salitre en Pampa Piscis-Nebraska. A objeto de aprovechar los recursos existentes en esta pampa, se ha visto la conveniencia de hacer un estudio de factibilidad técnico-económico de una nueva planta salitrera, la que deberá emplear técnicas modernas de extracción y separación de sales teniendo siempre presente la máxima utilización económica del mineral, es decir, además de la obtención del Nitrato sódico-potésico, yodo, sulfato de sodio, ácido bórico y óxido de magnesio, dejar abierta la posibilidad de obtener otras sales.

3.- Diseño de un proceso para la explotación del Salar de Atacama, orientado a la producción de Muriato (Cloruro de Potasio 61%) y necesario para la Industria Salitrera y Óxido de magnesio.

Previo al diseño de este proceso, es necesario evaluar el potencial de este Salar, ya que como se ha mencionado estas salmueras contienen cloruros de potasio, magnesio, litio y otras sales, estando saturadas en cloruro de sodio. Este proyecto tiene por finalidad abastecer de Muriato a SQM para su producción de Nitrate Potásico. Actualmente SQM importa del orden de 50.000 ton/año, desde España, para sus instalaciones en María Elena (única oficina que produce Nitrate potásico), lo que representa algo menos de 5 millones de dólares.

Se propone analizar las alternativas de obtener una mezcla de sales en el salar, sin cloruro de sodio, y ser enviadas a SQM mezcladas o ser separadas en la misma planta en el Salar. Esto último dependerá de las diferencias de costos del proceso en el Salar y en las Salitreras, y por la conveniencia de integración con los procesos de SQM.

De acuerdo a lo señalado con respecto al Salar de Atacama, se puede inferir la conveniencia de no exportar potasio en forma de cloruro, sino más bien como nitrate potásico; es por esto que la División de Industrias Químicas y Petroquímicas estima más prudente una producción suficiente de Muriato (superior a 150.000 ton/año) para convertir todo el salitre en Nitrate Potásico, lo que además permitiría una mejor rentabilidad a SQM.

4.- Asistencia técnica a SOQUIMICH, ya que ésta no cuenta con suficiente personal especializado.-

Situación que se mantendría durante un lapso de tiempo no inferior a tres años; es por ésto que resulta necesario estudiar las formas que SQM recibe asistencia técnica continuada, cuando el caso así lo requiera y a solicitud de ésta. Esta asistencia tendría relación con los trabajos realizados por la firma contratada, y dentro del convenio es fundamental incluir un programa de formación teórica y práctica del personal clave, tanto en los laboratorios de las empresas oferentes, como en las plantas de procesamiento de sales complejas similares a las estudiadas.

5.- Instalación de equipos complementarios en Pedro de Valdivia para la obtención de Nitrate de Potasio.-

Lo cual permitiría aumentar la rentabilidad de esa Oficina y, conjuntamente, dar mercado al Muriato obtenido en el Salar de Atacama.

6.- Revisión de la evaluación económica de los proyectos que permiten la obtención del sulfato y silicato de sodio a partir de sales obtenidas como sub-productos en el proceso del Salitre.-

Esta División estima innecesario la revisión técnica de estos proyectos, por cuanto los trabajos de referencia se encuentran a nivel de Ingeniería Básica y fueron realizados por firmas asesoras extranjeras de prestigio mundial.

Por otra parte, los estudios de mercado no son muy claros, y su determinación tomaría algún tiempo, motivo por el cual se cree que la revisión técnica de dichos proyectos podría hacerse una vez terminada esta primera etapa. Además, SQM ha programado una producción de 40.000 ton. de Sulfato de Sodio para el período 1974-1975 en razón a problemas tecnológicos y precios favorables del Nitrato respecto del sulfato. Dicha cifra no alcanza a cubrir las necesidades de Sulfato de sodio en el país, debido a lo cual el Depto. de Minería está tomando las medidas necesarias para revivir la minería del Sulfato de sodio.

Es por ésto que en los estudios de mercado de los proyectos en mención, se determinarán además las distintas alternativas de abastecimiento de Sulfato de Sodio.

Debido a la importancia de estos estudios para la Industria Salitrera, éstos deben ser asignados a Empresas de vasta y reconocida experiencia mundial en los campos señalados; esta forma evita costos de divisas por estudios que no aportan soluciones concretas a esta Industria, de lo cual SOQUIMICH posee ya desagradables experiencias.

