



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Civil de Minas

SD20A – Seminario de Diseño
Semestre Primavera 2006

Minería no metálica

Otra opción para Chile

Profesor: Sr. Bruno Behn T.

Alumnos: Felipe Aguilera
Cristina Brantt
Sebastián Cruz
Bernabé López
Constanza Paredes
Emilio Vilches

Fecha: 22 de Agosto de 2006

ÍNDICE

▪	RESUMEN	pág. 4
▪	INTRODUCCIÓN	pág. 5
•	LITIO	pág. 7
	- Antecedentes Históricos	pág. 7
	- Chile: Situación de la Producción y Reservas de Litio en la Actualidad	pág. 8
	- Usos y demanda de Litio y sus derivados	pág. 9
	- Perspectivas económicas del litio en Chile	pág. 11
•	YODO	pág. 12
	- Antecedentes Históricos	pág. 12
	- Chile: Situación de la Producción y Reservas de Yodo en la Actualidad	pág. 13
	- Usos y demanda de Yodo y sus derivados	pág. 14
	- Perspectivas económicas del yodo en Chile	pág. 16
•	NITRATOS NATURALES	pág. 17
	- Antecedentes Históricos	pág. 17
	- Nitrato de Potasio	pág. 17
	- Nitrato de Sodio	pág. 18
	- Chile: Situación de la Producción y Reservas de Nitratos en la Actualidad	pág. 18
	- Usos y demanda de Nitratos y sus derivados	pág. 20
	- Perspectivas económicas de los nitratos en Chile	pág. 21
▪	ANÁLISIS DE RESULTADOS	pág. 22
▪	CONCLUSIONES	pág. 24

- **BIBLIOGRAFÍA** pág. 27

- **ANEXOS** pág. 29

RESUMEN

La minería de los no metales ha tenido un boom, tras años de olvido producto de la decadencia de las salitreras en la década del 30. Los principales minerales no metálicos son, por orden de magnitud: Nitratos y fosfatos, ácido bórico, yodo y litio. Todos estos elementos han, como mínimo, duplicado su producción en los últimos diez años. En la actualidad, Chile es el primer productor del trío nitratos-yodo-litio, con una participación cercana al 50% mundial en los dos últimos. Además las reservas de los dos primeros son las más grandes a nivel global, llegando al 100% en el caso de los nitratos naturales. Actualmente la principal empresa relacionada al litio, yodo es SQM. Su participación en el mercado de nitratos es muy preponderante, y de menor grado en los otros dos minerales mencionados.

El litio se encuentra en gran cantidad y calidad en el Salar de Atacama en la II Región. Su explotación ha sido beneficiada debido a nuevos usos tecnológicos descubiertos del litio y sus derivados y grandes ventajas competitivas a la hora de su refinación.

El yodo, al igual que el litio, se encuentra en increíbles cantidades en las salmueras del norte, teniendo Chile las facilidades económicas del proceso de extracción mas barato y controlable del mercado lo cual ha sido de gran ayuda debido al fluctuante precio del yodo. Sus usos son básicamente en el área de salud y alimentación.

Los nitratos naturales son usados como fertilizantes (más eficientes por micro nutrientes) y para procesos industriales. Chile lidera el mercado de las exportaciones de nitratos naturales, pero aun así no existen precios de referencia mundiales respecto al precio de fertilizantes de nitratos, debido a que los nitratos son una pequeña parte del mercado de los fertilizantes muy dependiente de la oferta y demanda.

Debido al alza del impuesto del gas argentino habrá un incremento considerable en los valores de producción de los minerales no metálicos, lo cual probablemente mermará las ganancias del sector.

INTRODUCCIÓN

Por minería no metálica se entiende la extracción de minerales de los cuales no se obtienen metales. Debido a esto comprende una amplia gama de productos. En el mundo la actividad tuvo históricamente dos ejes importantes: 1) La explotación de materiales para la construcción (cal, mármol, granito); 2) Elementos para abonar la tierra (nitratos, fosfatos), también utilizados para fabricar explosivos.

En Chile su explotación estuvo fuertemente ligada al desarrollo del país durante la segunda mitad del siglo diecinueve, con productos dirigidos al segundo sector ya mencionado. Posteriormente, debido a la fabricación industrial de los abonos, nuestra minería no metálica acabó su gran fase de exportación limitándose a abastecer la demanda interna de fertilizantes, yeso, sal, cuarzo y cemento durante mucho tiempo.

Ahora bien, en Chile dentro de los productos no metálicos hay ciertos que mueven cantidades enormes de toneladas al año, tales como cementos, arcillas, yeso y sal. Estos mismos productos, sin embargo, tienen escaso valor en el mercado y una distribución limitada a la economía nacional. En oposición a aquéllos, hay otros que no se producen a la misma escala más son altamente requeridos en el mercado mundial. Esto se explica porque acorde al desarrollo acelerado de la industria química, la minería no metálica ha tenido un crecimiento basado sobre la necesidad de nuevos materiales, a lo que se une la demanda de productos existentes aplicados a nuevos campos del desarrollo industrial. Como en algunos casos los campos son muy alentadores la demanda es significativa.

Analizando las cifras entregadas por las autoridades en cuanto al crecimiento de la explotación e inversión para faenas, hay cuatro elementos que resaltan en el panorama productivo, acaparando cerca del 100% de las embarques de la minería no metálica del país. Estos son, por orden de magnitud: Nitratos y fosfatos, ácido bórico, yodo y litio. Todos estos elementos, al menos, han duplicado su producción en los últimos diez años.

En la actualidad, Chile es el primer productor del trío nitratos-yodo-litio, con una participación cercana al 50% mundial en los dos últimos. Además las reservas de los dos primeros son las más grandes a nivel global, llegando al 100% en el caso de los nitratos naturales.

Con estos antecedentes hemos decidido hacer la investigación acerca de lo que parece más razonable y atractivo en cuanto a proyecciones y novedad en el mercado, por lo que acotaremos nuestra investigación al estudio específico de yodo, litio y nitratos naturales.

El objetivo del tratado es entender cada fase del proceso productivo de estos, conocer las reservas de Chile y el mundo, su uso actual, futuras aplicaciones y las proyecciones de crecimiento de su industria, para analizar si el sector de la minería no metálica puede convertirse en un nuevo polo de desarrollo chileno aumentando el porcentaje de las exportaciones que representa hoy. Si fuese factible estamos en buen camino para diversificar la oferta de Chile e independizarnos parcialmente del precio del cobre.

LITIO

En esta sección se analizará la historia del litio en Chile, sus principales explotadores, el proceso de extracción, los derivados y productos del litio, para finalmente ver el papel del litio en la economía actual. Principalmente usaremos como eje de investigación a SQM debido a ser la principal empresa relacionada al litio.

Antecedentes Históricos:

El interés por el litio en nuestro país comenzó al conocerse su presencia en altas concentraciones en las salmueras del salar de Atacama (aproximadamente 300.000 hectáreas, ver mapa 1 del anexo donde se muestran las más importantes de la I y II región), como resultado de los trabajos de exploración de agua industrial realizados por la empresa Anaconda en dicha área, a mediados de los años sesenta. Lo anterior llegó a conocimiento de Foote Mineral Company, que a mediados de 1974, convertido ya en uno de los dos mayores productores de litio del mundo, estableció contacto con la Corporación de Fomento a la Producción (CORFO), empresa con la cual suscribió un contrato el año 1975 para realizar trabajos de exploración e investigación en el salar de Atacama. Con los años CORFO comenzó un proceso de nacionalización, exploración y explotación del litio, para luego en la década del 90 comenzar un proceso marcado por la privatización.

En estos momentos, destacan como exportadores la Sociedad Chilena del Litio, pero el principal extractor de no metales es la Sociedad Química y Minera de Chile (Sochimich o SQP) que es dueña del 11,7% del mercado mundial. SQM a través de sus subsidiarias posee derechos exclusivos para explotar los recursos minerales en un área que cubre aproximadamente 196.000 hectáreas de terreno en el Salar de Atacama en el norte de Chile. Estos derechos incluyen 147.000 hectáreas que pertenecen a CORFO y son arrendadas a SQM Salar S.A. de conformidad a un acuerdo de arriendo entre CORFO y SQM Salar S.A.

Chile: Situación de la Producción y Reservas de Litio en la Actualidad

Los estudios realizados en el salar de Atacama confirman que Chile posee las segundas reservas mundiales de litio, que alcanzan a los 4,3 millones de toneladas, representando más del 40 por ciento de las reservas de interés económico actualmente identificadas a nivel mundial.

La producción de carbonato de litio se origina a partir de soluciones de cloruro de litio obtenidas en el Salar de Atacama como sub-producto de la producción de cloruro de potasio. Dichas soluciones son posteriormente procesadas para producir carbonato de litio en una planta ubicada en el Salar del Carmen, en las cercanías de Antofagasta. Las salmueras no utilizadas son reinyectadas al salar.

En el Salar de Atacama se encuentran las mayores y mejores reservas mundiales de litio a partir de salmueras. Estas se encuentran en el núcleo del Salar de Atacama, un cuerpo salino en el cual existen depósitos de salmueras generados por filtraciones de agua que provienen del subsuelo de la Cordillera de los Andes.

Las salmueras son bombeadas desde abajo de la corteza salina, en dos áreas diferentes del salar. En una de ellas, las salmueras extraídas contienen niveles de concentración de potasio y litio sin precedentes. En la otra, las salmueras obtenidas contienen altas concentraciones de sulfato y boro. Luego de su extracción, las salmueras son ubicadas en las lagunas de evaporación solar. Esto se traduce en un proceso previo de concentración de energía solar extremadamente eficiente. A partir de este recurso natural, se produce carbonato de litio, cloruro potásico, sulfato de potasio, ácido bórico y cloruro magnésico.

Además de las altas concentraciones de sus salmueras, el Salar de Atacama tiene otra serie de ventajas: permite bajos costos de procesamiento debido a su reducido contenido de magnesio; tiene mayores índices de evaporación que otras planicies de sal del mundo (índice de evaporación solar de 3.200 mm. y precipitaciones promedio de sólo 15

mm. al año) y da la posibilidad de operar en cualquier época, gracias a las privilegiadas condiciones climáticas que lo favorecen.

Usos y demanda de Litio y sus derivados

Los principales usos del Litio y sus derivados son: aluminio, vidrio, fritas para recubrimientos vítreos, grasas lubricantes, baterías, aire acondicionado, polvos para colada continua de acero y polímeros.

Los principales derivados del litio son:

Carbonato de Litio

El carbonato de litio, un polvo blanco fino, es menos soluble en agua caliente que en agua fría, no es higroscópico y es generalmente estable cuando es expuesto a la atmósfera. El carbonato de litio reacciona fácilmente con ácidos fuertes y es usado frecuentemente para la manufactura de otras sales de litio.

Principales usos:

- Industria de Vidrios; óptica, pantallas, envases industriales.
- Enamel; bañado de acero.
- Cerámicas de Vidrio; espejos de telescopios, vidrio de cocinas.
- Producción de Aluminio.
- Construcción; hormigones especiales.
- Celdas de Energía; cogeneración de electricidad.
- Aplicaciones médicas.

Hidróxido de Litio

Aunque el hidróxido de litio puede ser recuperado directamente del silicato de litio aluminio u otros depósitos, con un proceso de alta temperatura empleando cal. Es un polvo blanco y muy fino que tiene relativamente baja solubilidad en agua

Principales usos:

- Grasas con litio de alto rendimiento; grasas lubricantes.

Cloruro de Litio

El cloruro de litio es preparado con la reacción de ácido hydroclórico con cualquiera de carbonato litio o hidróxido de litio. Después de la evaporación y cristalización, los cristales son aislados y secados para entregar cloruro de litio anhídrido. Es muy higroscópico y altamente soluble en agua. Es muy soluble en alcoholes.

Principales usos:

- Soldaduras de arco.
- Manufactura de intercambiadores de calor de aluminio.

Butyl Litio

Es un compuesto de organolitio el cual es usado con mayor frecuencia como un reactivo, debido a su alta reactividad, versatilidad y bajo costo. Sus aplicaciones en la industria química se han desarrollado importantemente.

Estos compuestos se han transformado en valiosas herramientas en la producción de farmacéuticos y agroquímicos.

Principales usos:

- Mercado de Plásticos y Gomas, Industria de Neumáticos, Farmacéuticos.

Perspectivas económicas del litio en Chile

En estos momentos, el referente de la empresa del litio en Chile es SQM: sus ingresos de litio y derivados para lo que se lleva del segundo semestre del año 2006, totalizaron US\$32,3 millones, 47% superiores a los US\$22,0 millones registrados para el mismo período del año 2005 (ver tabla 1 del anexo). Durante el primer semestre del 2006 los ingresos de litio y derivados alcanzaron los US\$58,1 millones, 41,1% superiores a los US\$41,2 millones registrados durante el primer semestre del 2005.

Los mayores ingresos en esta línea de negocios son principalmente explicados por las mejores condiciones de precio. La fuerte demanda observada durante los últimos años combinados con las altas tasas de utilización de la industria han generado una presión al alza en los precios.

Durante la primera mitad del 2006, los volúmenes de venta fueron levemente inferiores a los registrados a igual período del año anterior, lo que se explica principalmente por la menor disponibilidad de producto. Las principales aplicaciones que explican el crecimiento de mercado fueron los mercados de baterías, vidrios y fritas. Otra aplicación que registró un importante crecimiento durante este período fue el *continuous casting powder* un fluidificante usado en la industria del acero.

El margen de explotación de litio y derivados durante el primer semestre del 2006 fue aproximadamente US \$ 14.5 millones superior al margen de explotación de igual periodo del año anterior. Los menores volúmenes de ventas fueron contrarrestados por mayores precios en este periodo.

Sin embargo, se calcula que los gastos en electricidad para Chile subirán US \$ 300.000 mensuales el segundo semestre del 2006 comparado con el primer semestre. Todos estos costos adicionales son debido al alza del impuesto al gas decretada por el gobierno Argentino, y el consiguiente reemplazo del gas natural por combustible residual siendo así el norte de Chile, la región más afectada por las restricciones al gas.

YODO

Antecedentes Históricos:

El descubrimiento del yodo como sustancia química data aproximadamente del periodo 1811-1813. Por motivos bélicos, en la Francia de Napoleón estaba bloqueada la importación de nitrato de potasio, componente esencial de la pólvora. En este escenario, el químico francés Bernard Courtois se dio a la empresa de producir un reemplazo, el nitrato de sodio, en base a una reacción de nitrato de calcio con carbonato de sodio; éste último era obtenido de cenizas de algas marinas traídas desde la costa. Coincidentemente, las algas tienen un elevado porcentaje de yodo, alcanzando en algunos hasta un 8% o 10%. Los residuos del proceso eran eliminados por adhesión de ácido sulfúrico, lo cual puede producir, a la par, una sublimación del yodo residual. Indicios de este proceso fueron observados por Courtois, que dio cuenta de la presencia de vapores violáceos en las calderas, que condensaban en las paredes, dejando costras de material gris metálico.

El mérito por el descubrimiento del yodo está dividido entre los químicos Sir Humphry Davy y Joseph Louis Gay-Lussac, ya que ambos realizaron publicaciones científicas durante el mismo periodo. Finalmente, a fines de 1813 el yodo fue reconocido como un nuevo elemento.

El descubrimiento en Chile de reservas de yodo en el actual norte de Chile se dio asociado a la producción salitrera; eso sí, en esta región el salitre era de carácter sódico y no potásico. Se atribuye principalmente a los ingleses William Bollaert y George Smith, quienes realizaron estudios geológicos y geográficos en la zona de Tarapacá entre 1825 y 1827.

El primer chileno en dedicarse a la empresa de la producción de yodo fue Pedro Gamboni que en la década de 1850, realizó innovaciones al proceso de producción de salitre en la región, territorio peruano hasta 1879, año en que pasó a formar parte de Chile, por los acontecimientos sucedidos en la Guerra del Pacífico. En 1853, Gamboni consiguió

la concesión de la producción salitrera en Tarapacá, y en 1856 logró obtener yodo como producto secundario en el proceso de extracción de salitre. El yodo resultante del proceso mencionado se encuentra en solución, formando parte de las llamadas “aguas madres” del salitre, como yodato de sodio. Para obtener el yodo puro, se hizo reaccionar el yodato con bisulfito de sodio, reacción ilustrada en la siguiente ecuación química:



El yodo se separa luego de los líquidos por decantación, para posteriormente ser filtrado, prensado y purificado mediante sublimación. En el año 1866, Pedro Gamboni recibe del gobierno peruano el permiso para la producción de yodo mediante las técnicas ya expuestas, explotación que actualmente se encuentra principalmente en manos de SOQUIMICH¹.

Chile: Situación de la Producción y Reservas de Yodo en la Actualidad

Estudios geológicos de la corteza terrestre indican que las reservas inorgánicas de este mineral alcanzan los 15 millones de toneladas. Se estima que el 60% de estas reservas se encuentran asociadas a los depósitos de nitratos en Chile y un 32% presente en las soluciones (salmueras) ubicadas en Japón.

En la actualidad Chile es el principal productor de yodo del mundo, llegando hasta un 61.6% de la producción mundial en el año 2003. Le siguen Japón, con un 25.7%, y E.E.U.U., con un 6.9% de la producción mundial en ese año.

La producción de yodo en Chile sigue estrechamente ligada a la producción de nitratos en el norte del país. En la actualidad, existen sólo dos formas prácticas de extraer este elemento; la que se usa en Chile y el método en que se extrae de salmueras ricas en yodo, asociadas a la producción de gas natural. Esta última técnica es la base de la producción de Estados Unidos y Japón. La extracción del yodo presente en las algas marinas está obsoleta.

¹ Maneja más del 50% de la producción nacional de Yodo.

Una de las principales ventajas que tiene Chile como productor de yodo es su flexibilidad de producción. Dada la forma de extracción de yodo usada por Chile, es posible aumentar o disminuir los volúmenes de producción del mineral en ciertos rangos bastante amplios, conforme lo requiera la demanda. Por el contrario, U.S.A. y Japón tienen una producción muy acotada de yodo. El contrapeso es que para ambos países obtener yodo de las salmueras implica muy bajos costos de operación.

En la Tabla N°2 del anexo se observan las principales empresas productoras de los tres países más importantes en la industria del yodo y sus capacidades productivas; también los países que los siguen, con sus producciones totales durante el año 2003. Es claro que SOQUIMICH es, con lejos, la mayor empresa productora del mundo, con una capacidad del 34% de producción del total global.

Usos y demanda de Yodo y sus derivados

Los usos del yodo cubren un amplio espectro de necesidades humanas, desde el uso industrial hasta el uso médico. Uno de los ejemplos más importantes es el hecho de que el yodo es imprescindible en la nutrición humana, ya que es componente fundamental de las hormonas T3 y T4², esenciales en el funcionamiento de la glándula tiroides humana. Si el organismo no dispone de suficiente yodo, el déficit hormonal ulterior puede ser la causa de cretinismo en niños pequeños y bocio en adultos y jóvenes. Para prevenir la aparición de estas enfermedades es que se produce la sal yodada, como una forma de aumentar y mantener el consumo de yodo en la población, para erradicar dichas enfermedades.

Los principales usos del yodo en la actualidad son³:

- Medios de Contraste en rayos X: Se usa en exámenes médicos. El yodo, por su capacidad de absorber radiación, se hace casi impenetrable para los rayos X, por lo

² Triyodotironina y Tiroxina, respectivamente.

³ Fuente: "IODINE: High performance chemistry." SQM S.A., 2001

cual sirve como medio de contraste, para realzar el área que se estudia mediante una radiografía. Representa el 23% del consumo total.

- Desinfectantes y Antisépticos: Se usa en Iodóforos y Biocidas, que son compuestos orgánicos yodados que liberan yodo gradualmente. Un ejemplo clásico es la povidona yodada, desinfectante de uso común. Representa el 17% del consumo total.
- Productos químicos: Tiene variadas aplicaciones, por ejemplo, en tinturas, catalizadores para la producción de ácido acético, en fotografía, radiografía, producción de pigmentos, síntesis de fluoderivados, etc. Representa el 17% del consumo total.
- Reactivos Químicos: En forma de compuestos orgánicos yodados, el yodo se usa para producir reacciones que den pie a otros compuestos orgánicos no yódicos, con interés comercial e industrial. Representa el 12% del consumo total.
- Industria Farmacéutica: El yodo y sus derivados sirven como ingredientes activos en compuestos farmacéuticos de variadas aplicaciones, no sólo como antisépticos sino también en el tratamiento de enfermedades, en medicamentos. Representa el 8% del consumo total.
- Nutrición Humana: Para evitar las enfermedades producidas por la falta de yodo, como el retardo mental, cretinismo, etc., se utiliza en la dieta humana para proveer los suministros necesarios de yodo a la glándula tiroides. Representa el 8% del consumo total.
- Manufactura de neumáticos: El yodo interviene en la producción de fibras de nylon. Las cadenas de la molécula de nylon son susceptibles a romperse como consecuencia de las altas temperaturas de rodaje. El yodo actúa como estabilizante del calor, evitando la ruptura. Representa el 6% del consumo total.
- Nutrición Animal: Los yoduros y otros derivados del yodo evitan enfermedades en el ganado, aumentan la producción de leche en las vacas y de huevos en las aves de corral. Representa el 5% del consumo total.
- Herbicidas: El yodo y sus derivados se usan en la erradicación de algunas hierbas o plagas vegetales. Esto debido a que tiene características tóxicas si se le concentra en

ciertas cantidades que son letales para algunas plantas. Representa el 4% del consumo total.

Perspectivas económicas del Yodo en Chile

Como ya se ha mencionado, Chile es el mayor productor de yodo a nivel global. El país se encuentra en condiciones de producir 16.100 toneladas del mineral por año, en tanto que Japón tiene una capacidad de 9.220 toneladas por año y el resto del mundo, en conjunto, 4.500 toneladas⁴.

Si bien las exportaciones chilenas muestran un sostenido ascenso desde la década pasada a la fecha, el precio no ha corrido la misma suerte. El mismo incremento de la producción en el país provoca un aumento de la oferta, lo cual tiende a reducir los precios en el mercado. Así, los distintos factores económicos como incremento del consumo para uso tecnológico, demanda total, oferta, capacidad productiva, etc., determinan un precio fluctuante para el yodo, con un carácter cíclico a lo largo del tiempo. Este comportamiento oscilante tuvo uno de sus puntos pic el año 1998 para luego descender paulatinamente hasta el año 2003 (Ver Gráfico N°1). Desde el año 2004 hasta ahora se observa un crecimiento en el precio del yodo y sus derivados, que aumentaron su precio en promedio 4,5 dólares por kilo en el periodo Junio 2005- Junio 2006.

En definitiva, como mercado aislado, el yodo no representa por si sólo una perspectiva económica de crecimiento sostenido, pero dada la facilidad de su producción como resultado del procesamiento de otros minerales, tiene sentido invertir en una empresa que tiene como objetivo algunos proyectos de alta tecnología y, por supuesto, que tiene importantes aplicaciones médicas que no tienen sustitutos minerales conocidos.

⁴ Ver Tabla N°2: Distribución mundial de la capacidad de producción de Yodo, en toneladas.

NITRATOS NATURALES

Antecedentes Históricos

Hablar de la historia de los nitratos en Chile es hablar del salitre: exitosos experimentos realizados en 1850, sobre el empleo de nitratos como abonos agrícolas, hicieron crecer en Chile el interés ya iniciado en las décadas del 30 y 40 en el salitre y sus derivados debido a su uso en la fabricación de explosivos. Su aplicación como fertilizante se intensificó, además, por el crecimiento de la población europea y de sus requerimientos alimenticios. Ello implicó necesariamente aumentar el rendimiento agrícola, a través de la aplicación de métodos científicos que mejoraran el proceso de nutrición vegetal.

En los inicios de la década del 70 ingresan nuevos capitales, se mejoran las técnicas de elaboración y de transporte con el surgimiento de líneas férreas. Pero sólo en 1879 el salitre adquiere su real importancia, desde la Guerra del Pacífico, cuando Chile empieza a explotar las salitreras de Tarapacá y Antofagasta, como lo demuestran las cifras de la Época: entre 1879 y 1900, la producción crece sostenidamente, desde unas 600.000 a 1.460.000 toneladas anuales. Sin embargo, todo este auge llega a su fin con la invención del salitre sintético alemán en 1921 y la crisis económica postguerra, marcando un ocaso de su explotación en la década del 30.

El nitrato de Potasio

El nitrato potásico (KNO_3) es un producto cristalino, total y rápidamente soluble en agua. Ocasionalmente se presenta en la naturaleza en estado puro en depósitos de sales, pero normalmente se encuentra en forma de sales dobles minerales, en combinación con nitratos de calcio, magnesio y sodio.

En su uso como fertilizante se recomienda ligera precaución al momento de introducirlo en el agua de riego, debido a sus propiedades, tiende a subir sensiblemente su pH. También debido a su característica de ser soluble en su totalidad, no deja residuos. El nitrato potásico

es un poderoso oxidante, por lo que se debe almacenar en recintos cerrados, bien ventilados y secos, a temperaturas no elevadas, también debe mantenerse lo mas aislado posible del medio ambiente, fuera de la luz solar y lejos de fuentes de calor.

El nitrato de Sodio

El nitrato sódico se obtiene por neutralización de bases de sodio como el hidróxido sódico o el carbonato sódico con ácido nítrico. Es un subproducto en la síntesis del ácido nítrico donde se forma al absorber el dióxido de nitrógeno en una disolución de carbonato sódico:

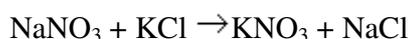


Además existen yacimientos importantes naturales de esta sal en Chile de donde recibe también la denominación de "Sal de Chile" o "Nitrato de Chile".

Se trata de una sustancia incolora, ligeramente higroscópica y altamente oxidante. Mezclado con sustancias orgánicas puede provocar explosiones. El nitrato es sólo ligeramente tóxico pero puede ser transformado en nitrito, que tiene actividades fisiológicas mayores y más dañinas.

Chile: Situación de la Producción y Reservas de Nitratos en la Actualidad

El 25% de la producción de nitrato potásico es de grado técnico, de una pureza mínima del 99%, del cual prácticamente el 50% es empleado en la metalurgia, principalmente en los baños de transferencia de calor, entre el 10 y 20% es consumido en fabricación de material pirotécnico y explosivos, otra parte es consumida por la industria del vidrio y la cerámica. La producción chilena del nitrato de potasio corresponde a la siguiente reacción



Una conversión del nitrato de sodio (obtenido del caliche) con el cloruro de potasio (obtenido del Salar de Atacama). (1 tonelada de Nitrato de Potasio = 0,85 toneladas de Nitrato de Sodio + 1 tonelada de Cloruro de Potasio)

En Chile, unas 400 mil toneladas se destinan a la conversión a nitrato de potasio y el resto se destina a productos comerciales de nitrato de sodio fertilizante (salitre sódico y salitre potásico) y nitrato de sodio técnico.

Hasta el año 2000 la compañía SQM S.A. era la única compañía productora de nitratos naturales. Esta compañía fue fundada en 1968 y sus ganancias eran repartidas entre el Estado Chileno y la Compañía Nitratera Anglo Lautaro, ya en su segunda fase fue nacionalizada siendo el Estado Chileno su único dueño y finalmente en 1988 fue completamente privatizada.

En el 2001 entró en el mercado la compañía PCS Yumbes (anualmente 300 mil toneladas de nitrato de potasio), y en el 2002 la planta de nitratos COSAYACH (200 mil toneladas de nitrato de potasio). PCS Yumbes operó con la mitad de su capacidad total, probablemente debido a la mala calidad del recurso minero disponible, posteriormente en el 2003 fue vendida a SQM S.A., que cerraría las instalaciones luego de haber procesado el material extraído restante. COSAYACH ha operado con una producción limitada, ello se puede deber a dificultades de abastecimiento de cloruro de potasio que la planta pudo haber tenido. Al igual que PCS Yumbes, hubo tratativas para la venta de la empresa a SQM S.A. lo que no prosperó.

SQM S.A. incrementó su capacidad a 370 mil toneladas destinadas a fertilizantes y 260 mil toneladas destinadas a nitrato industrial, pero aun así la producción de nitratos nacional se vio reducida en 830 mil toneladas al año.

Para realizar una comparación con las compañías internacionales, cabe destacar la compañía norteamericana Trans Resources Inc., que fue la principal compañía productora de nitrato de potasio hasta el 2001, con una capacidad de 500 mil toneladas al año en Israel y

90mil toneladas al año en Mississippi. En el 2003, la compañía finlandesa Kemira Oyi, inauguró una planta de 150 mil toneladas de nitrato de potasio a partir del ácido nítrico y cloruro de potasio, y para el 2004 ya anunciaba el cierre de una de sus plantas en Dinamarca con 100 mil toneladas al año de nitrato de potasio. A raíz de esto la compañía se trasladó a la zona del Mar Muerto de Oriente, donde existe una gran producción de cloruro de potasio (reactante básico para la reacción del nitrato de potasio).

De este modo, la capacidad internacional de producción de nitrato de sodio alcanzó las 650 mil toneladas al año, como consecuencia de este aumento la capacidad mundial de producción de nitratos total quedó en 1.43 millones de toneladas al año, la cual se estima que Chile participó en un 60% el año 2004.

Usos y demanda de los Nitratos Naturales

Existen sólo 2 usos de alta demanda de nitratos naturales, que tiene preponderancia económica a nivel nacional: el uso como fertilizantes y el uso a nivel industrial, para generar productos que ciertas tecnologías específicas.

En el mercado de los fertilizantes, el uso de los nitratos es muy específico ya que se aplica en una gama muy reducida de cultivos, en los cuales se logran óptimas cosechas en comparación con fertilizantes tradicionales. Sin embargo, en toda la actividad agrícola los nitratos representan solo el 1% de los fertilizantes utilizados. Por ejemplo cultivos donde el nitrato de potasio es utilizado favorablemente frente a otros fertilizantes, son las frutas, viñas, cítricos, tabaco, algodón y hortalizas, donde se logran mayores rendimientos y beneficios puntuales. Aproximadamente el 75% del nitrato potásico se manufactura con una pureza del 90% para el uso de fertilizante.

En el mercado de uso industrial, son preponderantes las características químicas de los nitratos. Los nitratos son fundentes, es decir, fácilmente licuables y, en presencia de oxígeno, suelen ser oxidados por las bacterias similares a las *nitrobacter*⁵, formando ácido

⁵ *Nitrobacter*: Bacteria aerobia que participa en la degradación de nitritos y otros compuestos de Nitrógeno.

nítrico. Las principales aplicaciones están en los vidrios de alta resolución para pantallas de TV y computadores, cerámicas, explosivos, blanqueadores, etc. Se requiere depurar al nitrato obtenido con el fin de lograr más pureza eliminando componentes perjudiciales. Se estima que alrededor del 25% de nitratos naturales extraídos son utilizados en esta área.

Perspectivas económicas de los Nitratos en Chile

Las nuevas expectativas a nivel internacional contemplan sólo los incrementos de capacidad de producción en las compañías chilenas, potencialmente existen tres proyectos al norte de Chile. El primero proyecto *Aguas Blancas* situado al sur de Antofagasta tiene como fin producir 1500 toneladas de yodo, 300 mil toneladas de sulfato de sodio, 100 mil toneladas de nitrato de potasio. El segundo proyecto se denomina *Cerro Dominador*, está dirigido preferentemente a la explotación de yodo, mas podría proveer de nitratos cristalizados en un volumen de 100 mil toneladas al año. Finalmente. el tercer proyecto es la reutilización de la planta de nitratos que perteneció a PCS Yumbres, por parte de SQM S.A., la cual luego de agotar los suministros de la zona estaría disponible a transferirse a la I Región donde se retornaría a la extracción de nitratos. Se proyecta que con estos incrementos en la producción de nitratos, Chile obtendría la capacidad de 1.63 millones de toneladas al año, y la producción mundial aumentaría a 2.5 millones de toneladas por año.

Chile lidera el mercado de las exportaciones de nitratos naturales, sin embargo no existen precios de referencia mundiales para los fertilizantes de nitratos, debido a que los nitratos son una pequeña parte del mercado de los fertilizantes. Los precios de los principales fertilizantes están fuertemente sujetos a la oferta y demanda de productores agrícolas y a otros factores como lo son las situaciones políticas y económicas mundiales. Los fertilizantes nitrogenados varían su precio según varíe el precio de la urea, la cual varía también según el precio del amoníaco y estos a su vez con el del gas natural. El nitrato de potasio también está sujeto al precio del cloruro de potasio, que es mucho mas estable, pues está debidamente controlado por los mercados de Canadá y Rusia, en el caso de los nitratos industriales o sintéticos su valor comercial depende del grado de pureza que tenga, aumentando su precio mientras mas puro sea.

ANÁLISIS

El tema que nos convoca en el presente informe es estructurar un panorama sobre la minería no metálica en Chile, en particular sus proyecciones a largo plazo y la factibilidad de que llegue a ser un nuevo polo del desarrollo económico chileno.

Chile tiene un PIB del 2004 de US\$ 94.000 millones y un total de exportaciones en torno a los US\$ 32.000 millones. El Producto Interno Minero es del orden de los US\$ 7 mil millones; del total las exportaciones, las relacionadas con la minería alcanzan a US\$ 17.000 millones, mientras que las exportaciones no metálicas el año pasado sólo llegaron a 600 millones de dólares. Por esta razón, se suele decir que esta área es el pariente pobre de la minería. Sin embargo, se espera que este año las exportaciones mineras no metálicas estén entre 750-800 millones de dólares, lo que significaría un crecimiento importante de un 25 a 30% con respecto al año anterior, predicción que resulta convincente, ya que es sabido que los precios de estos minerales no son tan fluctuantes como lo son en la minería metálica, siguiendo una curva de precios más suave.

En nitratos naturales Chile ocupa el primer lugar del mercado y tiene el 100% del mercado mundial en cuanto a las reservas; en yodo tiene el 60% de las reservas a nivel mundial y en litio el 11,7%. Respecto a éste último mineral, a pesar de que las reservas no son las principales en cuanto a volumen, son por lejos las de mejor calidad. Hoy en día, en el rango de lo que se define como “mejor calidad”, Chile tiene más del 50% de las reservas de litio que económicamente se pueden explotar de acuerdo a los precios vigentes.

Haciendo una mirada hacia la década precedente, la producción en minería no metálica respecto a volúmenes ha subido desde año 95 a la fecha de 12,2 millones de toneladas a 17 millones de toneladas por año.

En los nitratos, el crecimiento anual promedio compuesto en el período de 10 años, ha sido del 5,1%. Después tenemos el caso de la ulexita, producto relacionado al boro, que en estos 10 años ha crecido a una tasa anual del 12,2%. El sulfato de potasio, que se comenzó a producir en Chile sólo desde el año 1997 ha crecido desde el 2000 a la fecha a

una tasa del 29,1% compuesto anual. Para el ácido bórico el crecimiento fue de 9,1% en 1995-2005. Después tenemos el carbonato de litio con un 16,4% de crecimiento anual compuesto, finalmente el yodo ha tenido un crecimiento a nivel nacional de 12,7%.

En cuanto a los principales productos no metálicos en los cuales Chile es deficitario y requiere importar, están los productos relacionados al fosfato por 218 millones de toneladas con US\$ 84 millones. Por lo tanto, aquí hay rubros de exploración, de búsqueda de yacimientos que puedan ser de interés para empezar, quizás en una primera etapa, la satisfacción de las demandas internas que el país tiene.

CONCLUSIONES

De la información entregada en el análisis previo, podemos observar los siguientes puntos:

1. La minería no metálica representa sólo un 1.875 % del total de las exportaciones del país.
2. La minería no metálica representa sólo un 3.53 % del total de exportaciones mineras.
3. Chile posee las mayores reservas del mundo de Nitratos y Yodo, además de la mayor parte de los yacimientos con mejor calidad de Litio en el mundo.

En base a esto podemos concluir que la minería no metálica actualmente no ocupa un sitio preponderante en la economía nacional, aun cuando en el país las riquezas minerales son increíblemente abundantes en este tipo de minerales. Lamentablemente, en muchos casos la abundancia de mineral viene acompañada con un bajo precio en el mercado, ya sea por el exceso de oferta o por ser un producto de menor necesidad.

Por otra parte, las cifras presentadas anteriormente, indican que la minería no metálica en Chile es un sector consolidado, que actualmente genera ingresos crecientes y sostenidos en el tiempo. A pesar de que dista mucho de ser una fuente de ingreso central para el país y no es comparable con la gran industria del cobre, la minería no metálica es esencial para suplir demandas internas y, por supuesto, para complementar los ingresos generados por la Gran Minería del Cobre.

Hemos enfatizado en este informe en que, a diferencia de los metales, los minerales no metálicos como el litio, yodo, etc., tienden a tener precios menos fluctuantes en el tiempo, y su mercado, en promedio, más estable que el de los minerales metálicos. Esta última característica hace que el desarrollo sostenido a largo plazo de la industria de la minería no metálica pueda favorecer la creación de nuevos empleos, con carácter permanente en el tiempo, lo cual evidentemente favorecería al país desde el punto de vista económico y social.

Es importante recordar, en estos momentos del auge del cobre, que una vez en la historia de Chile, cuando la economía estaba fuertemente apoyada en la industria del Salitre, el país entero fue arrastrado hacia la crisis por la invención del Salitre sintético. El día en que los costos de utilizar el cobre sean tan altos como para que alguien decida buscar una alternativa más barata, o tal vez, que algún científico descubra por casualidad un compuesto que supera al cobre, entonces tendremos que estar preparados para la coyuntura. Con esto apuntamos a que, si el día de mañana algo echara por tierra el precio del cobre, los efectos serían catastróficos en la economía de Chile.

Sin desmedro de la propaganda pro-cobre, una buena alternativa para Chile es comenzar a ampliar su rol en el mercado de los minerales no metálicos, tanto por su diversidad de usos como por su abundancia en suelo chileno. Así los efectos de las típicas inestabilidades en el precio del cobre podrían verse atenuados por una empresa más sólida, independizando parcialmente a la sociedad Chilena del precio internacional del cobre.

Un ejemplo que no podemos dejar de mencionar es el incremento de consumo de litio en los últimos años. Al litio se le ha abierto un nuevo mercado: la tecnología de punta en baterías, incluso se ha comentado de un prototipo de baterías para autos eléctricos a base de litio. Por suerte Chile posee la mayor reserva del mundo y no tan solo eso, sino de las de mejor calidad, sumado a un bajo costo de producción debido a las condiciones climáticas del Desierto de Atacama. Estos nuevos usos tecnológicos son, en gran medida, la forma en que la minería no metálica chilena puede abrirse camino en el mercado internacional, para así aportar más al ingreso del país.

Lamentablemente Chile podría descender en cuanto a las ganancias de los productos no metálicos en el Norte Grande debido a las escasas opciones energéticas y la dependencia del gas trasandino, justo en estos años en que las empresas y el Gobierno se han percatado del potencial de estos productos, más que nada de sus derivados más elaborados

Aunque el Gobierno ha tomado cartas en el asunto y CORFO ha sido un trabajador constante en la diversificación de productos minerales, la falta de un plan a futuro en cuanto

a fuentes energéticas en el sector minero amenaza esta expansión que ha visto un gran auge desde la década del 90. Es de esperar que este conflicto con nuestros vecinos llame la atención hacia el extremo norte chileno para así poder concretar una minería diversificada, elaborada y autónoma; ayudándonos a librarnos un poco de la total dependencia del cobre chileno, evitando posibles crisis económicas, como la ocurrida antiguamente con la fabricación del salitre sintético y el posterior ocaso en la industria en 1930.

Finalmente, consideramos que una hipotética alza en la producción de minerales no metálicos y sus derivados puede ser de apoyo para el futuro rol que debe tomar Chile en el escenario tecnológico mundial. Con esto nos referimos a que uno de los cambios que debe sufrir Chile para llegar a ser un país desarrollado, es dejar de ser un consumidor de tecnologías para convertirse en un productor de tecnologías de alta calidad para, como mínimo, proveer a su propio mercado. Y es en esta perspectiva que se hace necesario que Chile tenga una industria de minería no metálica desarrollada para que no sólo produzca materias primas para países extranjeros, sino que también abastezca total o parcialmente a su propia industria tecnológica.

En síntesis, como recurso natural no renovable, los minerales no metálicos juegan un rol más sutil que los metales en la economía nacional, sin embargo, con un adecuado manejo y políticas gubernamentales a largo plazo, pueden contribuir al desarrollo del país a futuro, y en su evolución desde país en vías de desarrollo a país ya desarrollado.

BIBLIOGRAFÍA

- Base de datos de la Universidad Arturo Prat:
http://www.unap.cl/museomin/basededatos/mineria_no_metalica_yodo.htm
- Biopsicologia.net
<http://www.biopsicologia.net/inicio.php4>
- Business News Americas:
<http://www.bnamericas.com/index.jsp?idioma=E>
- “Chile y el Litio” de Heinrich R. Obermöller, PhD ,Ximena S. Salas
<http://72.14.209.104/search?q=cache:aZUNDZpfLS0J:www.revistamarina.cl/rvistas/1994/2/litio.pdf+litio+chile&hl=es&gl=cl&ct=clnk&cd=2>
- Comisión Chilena del Cobre:
http://www.cochilco.cl/anm/articlefiles/359-Informeacido_2005_3FEB06.pdf
http://www.cochilco.cl/productos/mercado_inter/2004-MercMinInd_1.pdf
- Corporación Chilena del Cobre:
www.cochilco.cl
- Economía y Negocios (El Mercurio On Line):
<http://www.economiaynegocios.cl/cobre2004/minerales.htm>

- Notas Químicas de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación:
http://www.umce.cl/~cipumce/boletin/quiminotas/pedro_gamboni.htm
- Perú Prom:
<http://www.peruprom.com/hogar/sal.html>
- Servicio Nacional de Aduanas:
http://www.aduana.cl/p4_principal/antialone.html?page=http://www.aduana.cl/p4_principal/site/artic/20050103/pags/20050103160419.html
- Sociedad Nacional de Minería:
www.sonami.cl
- Sociedad Química y Minera de Chile:
www.sqm.com
- Textos Científicos:
<http://www.textoscientificos.com/quimica/nitrato-potasico/produccion>

ANEXOS

Tabla N°1: “Evolución de Carbonato de Litio y derivados entre 2005 y 2006”

	Acumulado a Junio 2006	Acumulado a Junio 2005	2006/2005	
Carbonato de litio y derivados en Mton⁶	15.0	15.3	-0.3	-2%
Ingreso Carbonatos de litio y Derivados en MM US \$⁷	58.1	41.2	16.9	41%

Tabla N°2: Distribución de la capacidad productiva de Yodo, en toneladas.

CHILE		JAPÓN		EE.UU.		OTROS	
Compañía	Capacidad	Compañía	Capacidad	Compañía	Capacidad	País	Prod.2003
SQM	8.700	ISE Chemical	4.260	IOCHEM	1.400	China	500
COSAYACH	3.000	United Resources	1.800	Woodward	900	Rusia	300
DSM	2.400	Nippon Nat. Gas	1.320	N. American		Turkmenistan	300
ACF	1.200	Kanto Nat. Gas	1.030	Brines	200	Azerbaijón	300
Atacama Min.	800	Nippon Chem.	450			Indonesia	75
		Nippon Halogen	360				
Capac.Total	16.100	Capac. Total	9.220	Capac. Total	2.500	Capac.	Total
Prod. 2003	15.580	Prod. 2003	6.500	Prod. 2003	1.750	Prod. 2003	1.475

Fuentes: COCHILCO (Datos de Chile), Industrial Minerals Oct. 2004 (Resto de los datos)

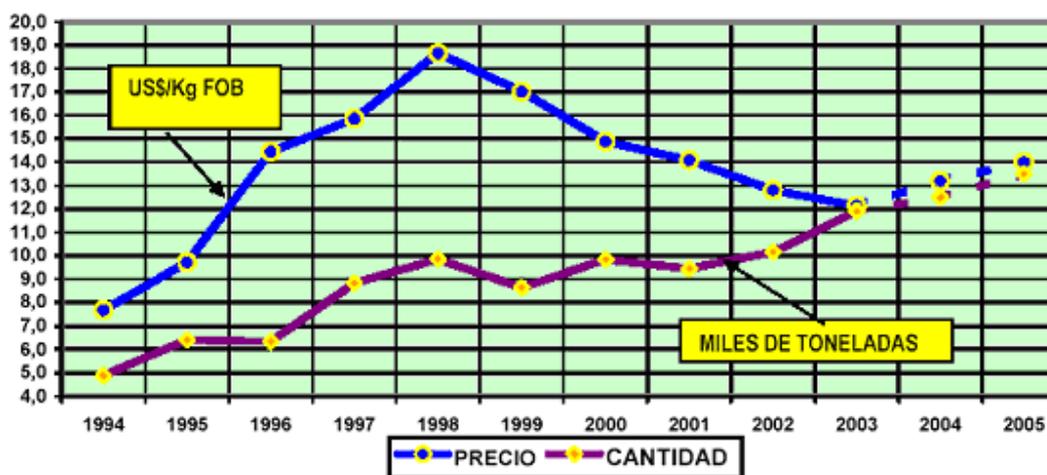
⁶ Mton: Miles de toneladas.

⁷ MM US \$: Millones de dólares de los Estados Unidos de América.

Tabla N°3: Cuadro de Producción de Nitratos en el 2003

Compañía Planta	Ubicación	Capacidad (Ton/año)	Producción 2003 (Toneladas)	Observaciones
SQM S.A. Coya Coya NPT-1 Coya NPT-2	Chile (II región)	----- 370.000 100.000 160.000	490.000	Las plantas NPT son para producto Industrial.
PCS Yumbes Yolanda	Chile (II región)	300.000	150.000	En desactivación
COSAYASH Cala Cala	Chile (I región)	200.000	40.000	Producción limitada
SUBTOTAL	CHILE	1.130.000	680.000	
Trans Resources Inc. Haifa Chemical Vicksburg Chemical	EE.UU. ISRAEL EE.UU.	----- 500.000 90.000	----- 450.000 0	T.R.I. matriz. Vicksburg quebró el 2002.
KEMIRA OYI KEMAPCO Kemira GrowHow	FINLANDIA JORDANIA DINAMARCA	----- 150.000 100.000	----- 0 70.000	K. OYI matriz. KEMAPCO inició en Octubre/2003. K. GrowHow cerró en Abril/2004.
SUBTOTAL	RESTO	840.000	520.000	
TOTAL	MUNDIAL	1.970.000	1.200.000	

Gráfico N°1: Exportaciones Chilenas de Yodo.



Nota: US \$ FOB . El valor FOB se define como una cláusula de compraventa que considera el valor de la mercancía puesta a bordo del vehículo en el país de procedencia, excluyendo seguro y flete.

Mapa N°1: Principales yacimientos metálicos de Caliche y Salmueras en Chile

