NITRATO DE SODIO

1 INTRODUCCION

SQM es un productor y comercializador integrado de Fertilizantes de Especialidad, Químicos Industriales, Yodo y Litio. Sus productos se basan en el desarrollo de recursos naturales de alta calidad que le permiten ser líder en costos, apoyado por una red comercial internacional especializada con ventas en más de 100 países. La estrategia de desarrollo de SQM apunta a mantener y profundizar el liderazgo mundial en sus tres negocios principales: Fertilizantes de Especialidad, Yodo y Litio.

FIGURA N°1: POLVORAZO PARA EXTRAER EL NITRATO DEL DESIERTO.

Los nitratos naturales son exclusivos de Chile, es decir, este tipo de yacimientos no se presentan en otra parte del mundo, en este contexto, Chile tiene un lugar privilegiado en la industria Salitrera por ser el único productor de Nitrato de Sodio natural, el segundo en ubicación en la producción de Yodo y es exportador de ambos productos. La explotación de las pampas calicheras para producir nitratos datan del siglo pasado. Los yacimientos de nitratos se disponen en una franja de más de 100 Km de largo, entre los 19º 30`S y 26ºS, con un ancho variable entre 1 a 10 kilómetros. Las sales de valor comercial aparecen como cemento y matriz de materiales detríticos, impregnando regolitos en estratos lenticulares o formando rellenos como vetas en fracturas, tanto en rocas como materiales aluviales.

Estos yacimientos contienen no menos de 60 elementos que constituyen el caliche explotado. En la actualidad es la Sociedad Química y Minera de Chile S.A, SQM, quien produce y comercializa el nitrato de sodio, a partir del caliche. En forma natural, el nitrato de sodio se encuentra en depósitos asociados con cloruros de sodio, sulfatos de sodio, potasio, nitrato de potasio, magnesio y otras sales.

La explotación minera se realiza por medio de rajo, el cual es extraído el mineral, el caliche, con una ley promedio del 8% en nitrato. El proceso de extracción del nitrato se realiza por medio de una lixiviación en contracorriente con agua, para posteriormente las soluciones ser enfriadas con lo que se consigue la cristalización del nitrato de sodio.

El nitrato de sodio es un fertilizante que además es utilizado en diversas aplicaciones de carácter industrial como explosivos y nutrientes en animales. En el tratamiento de aguas servidas y conservación de alimentos, se utiliza el salitre por su propiedad oxidante.

2 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

El nitrato de sodio es una sal blanca, de red cristalina centrada; algunas de sus propiedades físicas, químicas y termodinámicas se detallan en las Tablas Nº1 y Nº2.

TABLA Nº1: Propiedades físicas y químicas del nitrato de sodio.

PesoMolecular (gr/mol)	Cristalografía /color	Punto Fusión (ºC)	Punto Ebullición(ºC)	ND rombohedral	Densidad (g/cc)	Calor.Específ. 300ºC(S/cm)	Calor Fusión
84.99	Trigonal, rombohedral/ blanco	308	380	1.336	2.257	0.95	189.5

FUENTE: Kirk-Othmer, 1966

TABLA Nº2: Propiedades termodinámicas molares del nitrato de sodio

	S^0_{298} (J/mol)	Vmolar (cc)	ΔH^0_{298} (J/mol)	ΔG^0_{298} (J/mol)
$NaNO_3$	116.52	37.6	-468020	-367153

FUENTE: Kirk-Othmer, 1966

El nitrato de sodio es soluble en agua, glicerol y amonio. La Tabla Nº3 da cuenta de su solubilidad en agua a diferentes temperaturas. Este compuesto se puede preparar a partir de ácido nítrico y carbonato sódico anhidro; el nitrato sintético es de alta calidad y apropiado como absorbente activado en la dinamita y en la fabricación de pólvora negra.

TABLA Nº3: Solubilidad del nitrato de sodio en agua

Temperatura (ºC)	-17.5	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Solubilidad (g/100 g H_2O)	7.4	8.62	80	88	91	96	12.39	---	---	---	17.42	---	24.8

FUENTE: Kirk-Othmer, 1966

3 ANTECEDENTES GEOLOGICOS

Los yacimientos de nitratos, llamados también de nitratos y sales asociadas son de varios tipos, a la mena se le ha denominado "*caliche*", asociado a esta se presenta el yodo. Existen varios tipos de yacimientos, uno de ellos, es el que está más estrechamente asociado a rocas. En los yacimientos rocas las menas se disponen en vetas, mantos y cuerpos irregulares de gran pureza o con diseminación fina, en vetillas de alta ley. Sus sales presentes están prácticamente puras. Otros son los yacimientos sedimentarios que corresponden a sales que forman una matriz cemento y rellenan todas las cavidades, asociándose con rocas sedimentarias siliciclásticas y volcanoclásticas, estos yacimientos son de menor ley. También es posible encontrar yacimientos derivados de los dos anteriores, que pueden formarse en las costras de los salares por capilaridad, como horizontes salinos en suelos u otros asociados a materiales coluviales en depósitos de falda.
En los yacimientos de nitratos se pueden distinguir dos tipos de mena, una denominada "caliche blanco", cuando las sales son prácticamente puras y sus leyes pueden variar desde el 25% hasta el 90%; y la otra, "caliche negro", que corresponde al tipo de yacimientos en que los nitratos aparecen como cemento. En este último, las leyes varían de 2% al 40%. El yodo que también está presente en forma de yodato es del orden del 0.04%.

4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCION DE NITRATO DE SODIO A PARTIR DEL CALICHE

4.1 REDUCCIÓN DE TAMAÑO Y LIXIVIACIÓN DEL CALICHE

El mineral (caliche) previamente molido se alimenta a un circuito de lixiviación con H_20 en contracorriente. El ciclo de lixiviación dura entre 8 a 14 horas en cada estanque y se completa cuando la densidad de la solución alcanza un nivel determinado, trasladándose al estanque siguiente con mineral de mayor ley, donde el proceso se repite. Los ciclos completos de lixiviación duran alrededor de 4 días, para luego el mineral lixiviado ser trasladado a los botaderos de ripios, recuperándose la solución de impregnación.

4.2 PLANTA DE CRISTALIZACIÓN DE SALITRE SÓDICO

La solución procedente de la lixiviación de concentración 420 g/l (SSNa), llega a la planta de cristalización a una temperatura promedio de 27ºC. La solución se enfría hasta 4ºC, para producir la precipitación del salitre en forma de finos cristales, los cuales son separados del líquido por sedimentación (MLR o solución débil) y posterior centrifugación.
La solución es enfriada a través de intercambiadores de placas y tubulares, que usan retorno del agua vieja como líquido refrigerante, además, de intercambiadores tubulares enfriados con amonio-anhidro. Posteriormente, el salitre es fundido entre 300º y 350ºC para caer por una torre granuladora (70 m de altura) en forma de ducha, que al enfriarse en contracorriente con el aire, toma la forma de pelet. Finalmente, el salitre granulado se enfría hasta 40ºC, pasando por intercambiadores tubulares enfriados por agua. El producto final se envía a almacenamiento y envase, para su posterior comercialización
En la Figura Nº2, se muestra el proceso de producción de la Planta Pedro de Valdivia y la Figura Nº3 muestra un esquema de la producción en María Elena y Pedro de Valdivia.
Las soluciones que se originan en distintas fuentes (botaderos de finos, agua de alcantarillado purificada, retorno de la cristalización de sulfato y salitre, agua del río Loa, etc.), tienen una concentración promedio de 60 g/l de nitrato, concentrándose hasta 330 g/l, estas soluciones posteriormente son enviadas a Coya Sur para alimentar las pozas de evaporación solar.
El ripio con 0.8% de nitrato de sodio, se lava para extraer el sulfato de sodio y se envía al botadero de ripios.
Las pozas de evaporación, aprovechando la energía solar y la baja humedad relativa del aire, evaporan parte del agua, aumentando así, la concentración de la solución la cual alcanza valores de 420 g/l. La precipitación de Astrakanita (Na_2SO_4*$MgSO_4$*$4H_20$), fase estable, que se produce, hace necesaria su extracción para no disminuir la capacidad de las pozas. Las sales precipitadas se filtran, retornando la solución a las pozas, mientras que los sólidos son enviados a la planta de cristalización de nitrato, siguiendo el proceso descrito para la producción de nitrato sódico y potásico.
La Fígura Nº4, presenta un diagrama con los fertilizantes que se producen a partir del proceso descrito anteriormente.

4.3 PLANTA DE SALES DE NITRATO

Con el propósito de optimizar la eficiencia, SQM crea diversas filiales, siendo una de ellas SALDINIT Ltda., empresa de sales de nitrato. Esta se encuentra a 110 Km al noreste de Antofagasta a 1340 m.s.n.m. La característica de los caliches con que trabaja esta empresa son leyes próximas a un 7% en NO_3 y 405 a 515 ppm de I_2 y mineral con contenidos en sulfato de magnesio, de sodio entre otros. La extracción del nitrato se realiza mediante lixiviación en pilas, cuya solución de drenaje es enviada a la Planta de Yodo y Nitrato en Coya. Esta empresa trabaja los sectores de Florencia, Ossa y Pintados, áreas cercanas a la salitrera Chacabuco. Véase diagrama operacional en apartado Yodo.

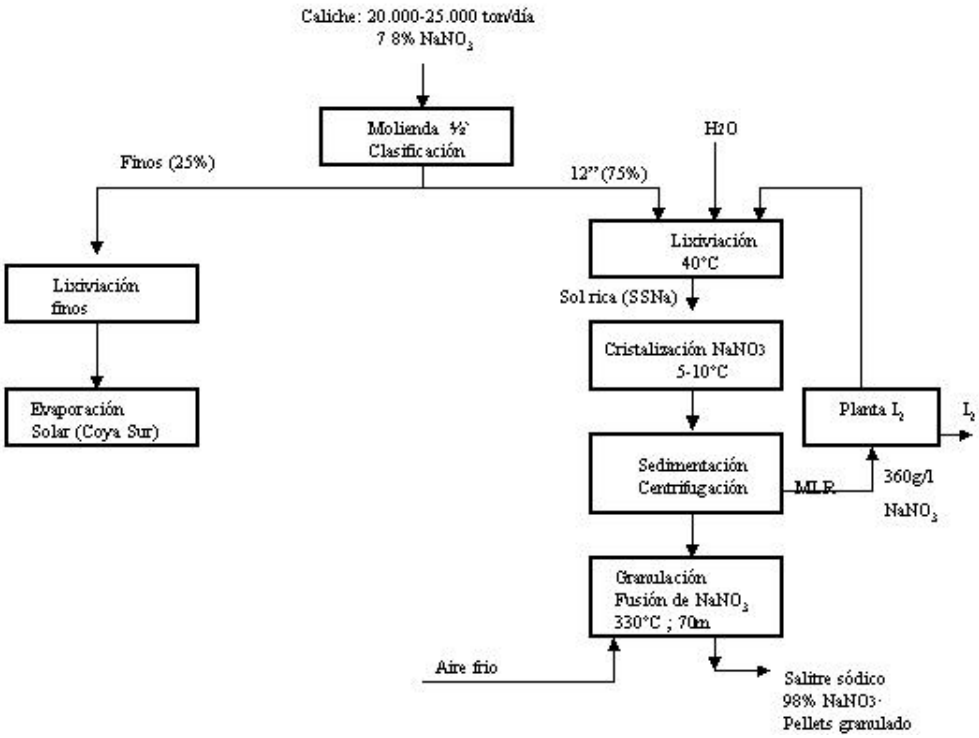

FIGURA Nº2: Proceso de obtención de nitrato de sodio a partir del caliche

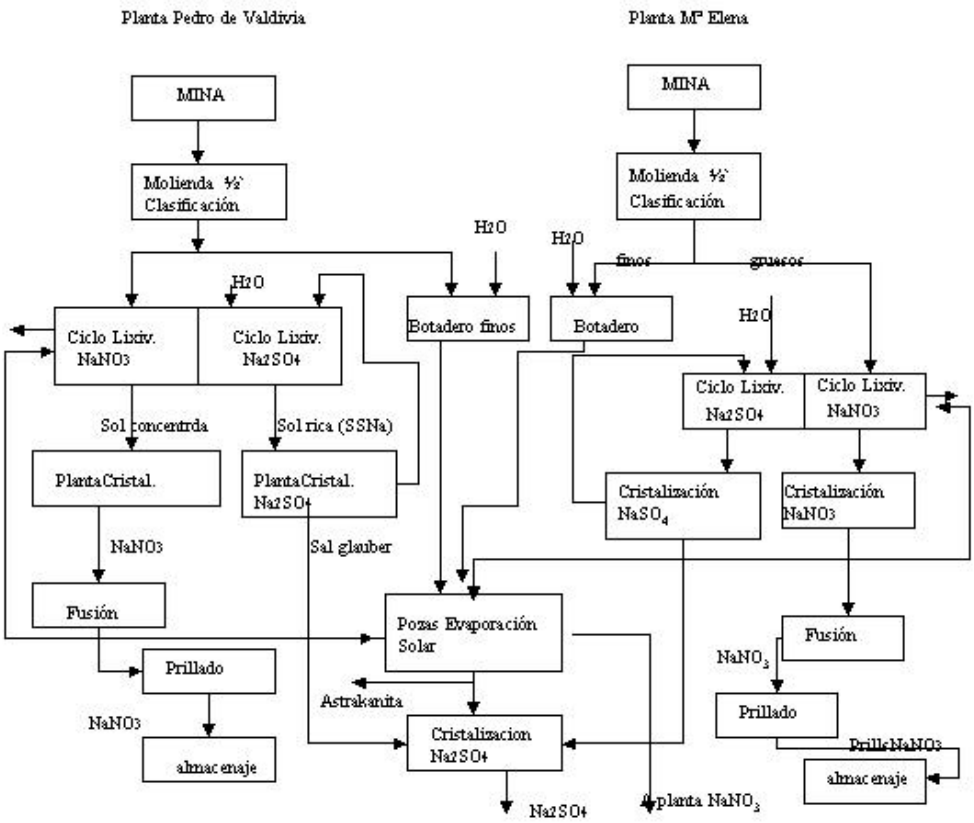

FIGURA Nº3: Diagrama de flujo de los procesos de nitrato y sulfato de sodio de las plantas Pedro de Valdivia y María Elena

5 CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES COMERCIALES

5.1 CARACTERISTICAS DE LA PRODUCCION DE NITRATO DE SODIO DE SQM

SQM participa en el mercado de los fertilizantes de especialidad con tres productos básicos, nitrato de sodio, nitrato de potasio y nitrato sódico potásico. Adicionalmente, se agregan las mezclas de fertilizantes que son más de 200 diferentes formulaciones, elaboradas por SQM, cada uno con sus requerimientos específicos según las necesidades. Tanto el nitrato potásico, sódico y nitrato sódico potásico, deben cumplir ciertas normas de calidad, cuyas especificaciones se resumen en las Tablas Nº4, Nº5 y Nº6.
El salitre sódico es nitrato natural con 98 % de $NaNO_3$. El salitre potásico es aquel compuesto conformado por 70 % de $NaNO_3$ y 30 % de $KN0_3$. Ambos salitres se proporcionan en forma granulada.
El nitrato de sodio prilado, tiene un peso específico de 1.22 g/cc a granel y una temperatura de fusión de 301ºC. Las especificaciones para el tamaño de partícula se basan en la escala Tyler y son:
-mínimo 98.0 % para la malla 60 en el $NaNO_3$ clase 1.
-mínimo 98.0% para la malla 100, en el caso del $NaNO_3$ clase 2
-mínimo 80 % retenido en el tamiz 20, para el $NaNO_3$ clase 3.

5.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COMERCIALES DEL $NANO_3$

Las mezcla de fertilizantes son variadas y poseen ventajas técnicas frente a otros tipos de fertilizantes. Todas las variedades de productos fertilizantes se someten a un riguroso control químico y de calidad, en el caso del nitrato de sodio debe cumplir con las especificaciones generales, dadas en la Tabla Nº9, apartado Nitrato de Potasio.
Chile es el mayor productor de nitrato de sodio, produciendo la industria salitrera tres tipos, industrial, técnico y refinado. El grado refinado corresponde al nitrato de mayor pureza y se comercializa como NITEROX en Estados Unidos.
Las especificaciones comerciales del nitrato para los distintos usos se resumen en la Tabla Nº4, mientras que, las especificaciones que se deben cumplir como fertilizante grado técnico se detallan en la Tabla Nº5 y las de uso industrial en la Tabla Nº6.
La acción del salitre sódico en los suelos agrícolas, es la entrega de nitrógeno y sodio, elementos que aumentan el rendimiento y tamaño de los productos agrícolas. Este fertilizante es utilizado en cultivos de suelos específicos como tabaco, verduras, etc.

TABLA N°4: Análisis de grados comerciales de $NaNO_3$ en % peso.

parámetro	Agricultura	Industrial	Técnico	Refinado
$NaNO_3$	96.8-97.8	98	99.2	99.6
N_2	16	-	-	-
K_2O	0.4-1.2	-	-	-
MgO	0.10	-	-	-
Na_2SO_4	-	0.35	0.10	0.10
S	0.10	-	-	-
NaCl	-	0.75	0.3	0.13
$NaNO_2$	-	0.05	0.005	0.005
B	0.35	0.025	-	-
Tetraborato de Na	-	-	0.03	0.03
Insoluble Máx.	0.15	0.15	0.02	0.02
Humedad Máx.	0.15	0.15	0.15	0.15

FUENTE: Kirk-Othmer, 1966

TABLA N°5: Especificaciones del $NaNO_3$ grado técnico, en % peso.

Especificaciones	VALOR
Materia Insoluble	0.005
pH a 5% de sol. a 25º	5.5 – 8.3
Cloro total, %	0.001
IO_3^-, %	0.0005
NO_3^-, %	0.001
PO_4^{-3}, %	0.0005
SO_4^{-2}, %	0.003
Ca, Mg, R_2O_3, %	0.005
Precipitado de metales pesados	0.0005
Precipitado de Fe	0.0003

FUENTE: Kirk-Othmer, 1966

TABLA N°6: Especificaciones del $NaNO_3$ grado industrial.

Especificaciones	
Tipo de partícula, color	Granulado blanco
Densidad aparente	1.22 g/cc
Punto de fusión	301ºC
PH al 1 %	9
Solubilidad	91.9 g/100 cc H_2O

6 RECURSOS Y MERCADO

6.1 RESERVAS Y RECURSOS

Chile cuenta con las única reservas mundiales de nitratos naturales, lo que hace al país ser líder en este tipo de producción. SQM, empresa monopólica maneja recursos de gran envergadura, principalmente los campos de nitratos ubicados en la II Región. SQM tiene reservas estimadas en 55 millones de toneladas métricas, equivalentes a 55 años de producción a los niveles actuales. Probablemente las reservas alcancen otros 80 años de explotación de nitrato y de yodo a los niveles actuales de extracción

6.2 MERCADO

Actualmente, la producción nacional da cuenta de nitratos en general, es decir, potasio y sodio de los últimos años, no disponiéndose del valor de la producción de nitratos en forma separada. En 1998, la producción de nitratos ha sido de 881.682 toneladas

La producción nacional hasta 1995 del nitrato de sodio y las exportaciones, se detallan en las Tablas Nº7 y N°8, respectivamente. La producción conjunta se puede observar en la Tabla Nº10 del apartado Nitrato de Potasio.

TABLA Nº7: Producción nacional de nitrato de sodio en toneladas métricas.

Año	1990	1991	1992	1993	1994
$NaNO_3$	496.900	472.800	515.100	632.245	662.441

FUENTE: Reconocimiento de la Industria Nacional como Mercado para la Minería no Metálica de Chile, 1995.
La minería no metálica de Chile, Anuario Estadístico, 1998

TABLA Nº8: Exportaciones chilenas valoradas en miles US$ FOB y valor unitario en promedio anual US$/ton y las cantidades en ton rnétricas.

Años	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
MilesUS$/FOB	37.740	52.835	51.259	30.284	46,220	43.842	44.960	41.238
Prom US$/ton	128,5	150,3	136,6	135,5	135,5	168,8	174,0	163,3
Ton métricas				223552	314843	259689	257689	252493

FUENTE: Reconocimiento de la Industria Nacional como Mercado para la Minería no Metálica de Chile, 1995.
La minería no metálica de Chile, Anuario Estadístico, 1998

Desde el año 1995, el precio del nitrato empezó a repuntar ingresando sobre los 40 millones de dólares al país por concepto de esta producto. A partir de este año, se mantiene y se maneja la demanda y los mercados nacionales por parte de SQM. Desde 1996, el precio de exportación del nitrato de sodio se ha mantenido por sobre US$ 163 por toneladas, si consideramos el valor promedio entre el periodo 1990 - 1998, fue de US$ 150.47 por toneladas. Los principales países destinos para el nitrato de sodio son Bélgica, Estados Unidos, Japón, China y Brasil.

7 USOS Y APLICACIONES

El nitrato de sodio confiere al salitre las propiedades de agente oxidante, fundente, fuente de óxido de sodio y de nitrato, además de ser muy soluble en agua. Se pueden enumerar las siguientes ventajas que presenta el nitrato chileno, al ser utilizado en suelos con fines agrícolas:

- alta solubilidad del nitrato, la que cobra creciente importancia con las nuevas tecnologías agrícolas, donde la aplicación de nutrientes a los cultivos se efectúa a través del agua.
- libre de cloro, no afectando de esta forma el rendimiento y la calidad de los cultivos. Por otra parte, el origen nítrico de los nitratos de SQM implica una rápida absorción y reducción de la acidez del suelo, por parte de la planta al ser incorporado a la tierra, en lugar de necesitar un proceso químico de transformación. Esto último evita dejar residuos en la tierra que puedan contaminar las aguas y aumentar la acidez del suelo.
- ser natural, lo cual provee de otros micronutrientes necesarios para los cultivos. Este origen hace factible la aplicación de ellos en el segmento de la agricultura orgánica industrial, que exige la ausencia de agregados químicos en los fertilizantes que emplea.

Por su parte, los fertilizantes de especialidad se usan en cultivos de alto valor, corno tabaco, frutas, café, hortalizas

El nitrato sódico sintético es un producto de alta calidad, especialmente apropiado para servir de material absorbente activado para la dinamita y en la fabricación de pólvora negra. Este compuesto se puede producir en grandes cantidades, a partir del ácido nítrico y carbonato sódico anhidro. La Tabla Nº9 muestra las aplicaciones más difundidas del salitre sódico, de acuerdo con las propiedades que presenta.

En la producción de briquetas de carbón vegetal, se utiliza el nitrato de sodio dependiendo de la cantidad, tipo de madera y carbón usado, es la cantidad requerida. Las briquetas típicas de carbón vegetal contienen casi hasta 3% de nitrato de sodio, Otro rubro de aplicación es en la manufactura de esmaltes y porcelanas, como agente oxidante y fundente. En la industria del vidrio, tanto el nitrato de sodio y de potasio de grado industrial, son utilizados por su aporte de óxido alcalino que actúa como fundente y la acción del nitrato que actúa como agente de refinación. En las fritas de esmalte de porcelana usadas para el revestimiento de metales, la cantidad de nitrato de sodio en cada lote varía con los diversos metales bases a revestirse, entre 3.8 a 7.8% en peso.

El nitrato de sodio es utilizado en la formulación de sales de transferencia de calor para baños de tratamientos técnicos en aleaciones y metales, vulcanización del caucho e industrias petroquímicas. Una mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio se usa para capturar la energía solar y transformarla en energía eléctrica. El potencial del nitrato de sodio en el campo de las sales solares, depende del desarrollo comercial de este proceso. Otros usos del nitrato de sodio incluyen el tratamiento de agua, fusión del hielo, adhesivos, compuestos para limpieza, pirotecnia, curación de jamones y carnes, nitración orgánica, ciertos tipos de productos farmacéuticos, refinación de algunas aleaciones, recuperación de plomo y producción de uranio.

TABLA N°9: Usos y aplicaciones del $NaNO_3$

Usos	Propiedades
Explosivos	Oxidante
Vidrio y cerámica	Oxidante, fundente, Na_2O
Esmaltes	Oxidante, fundente, Na_2O
Adhesivos	Oxidante
Tratamientos térmico de metales	Oxidante, fundente
Pirotecnia, refinado de metales	Oxidante
Industria de acero inoxidable	Fundente
Braquetas de carbón	Oxidante
Anticongelante	Propiedades del electrolito
IndustriaQuímica Inóganica	Fuente de Nitrato y oxidante
Industria Química Orgánica	Fuente de Nitrato y oxidante
Tratamiento de aguas servidas	Oxidante
Conservación de alimentos	Oxidante

8 INDUSTRIAS ASOCIADAS. PROYECTOS FUTUROS

Este mineral está asociado a la industria del salitre, por lo que proyectos futuros son tratados en el apartado del Salitre. Cabe destaca que el futuro es promisorio en cuanto a nuevas técnicas agrícolas con gran auge como la fertirrigación, la hidroponia y el desarrollo de invernaderos, cuya característica común es la utilización de agua controlada, teniendo un desarrollo sostenido en este campo.

9 REFERENCIAS

Diagnóstico de la Minería No Metálica en el Norte de Chile. CORFO-INTEC, vol 1, Santiago de Chile, 1989
Indicadores de Comercio Exterior. Banco Central (edit.), ISM 0716 1 2405, 1998.
International Critical Tables of Numeric Data, Physics, Chemistry and Technology, 1ª ed., McGraw Hill Book Company Inc, N.Y., vol.4, 236-248, 1928
Kirk-Othmer, Enciclopedia Tecnología Química. 1ª ed. Español, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, México, 1966.
Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology. 4ªed., vol. 22,1997.
La Minería No-Metálica de Chile Anuario Estadístico. Comisión Chilena del Cobre, Santiago de Chile, 1998.
Reconocimiento de la Industria Nacional como mercado para la minería No Metálica de Chile. Comisión Chilena del Cobre y Sociedad Nacional de Minería (edit.), Santiago de Chile, 1995.
U.S. Geological Survey. Minerals Information, Reston VA 20192 USA;
URL-. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity

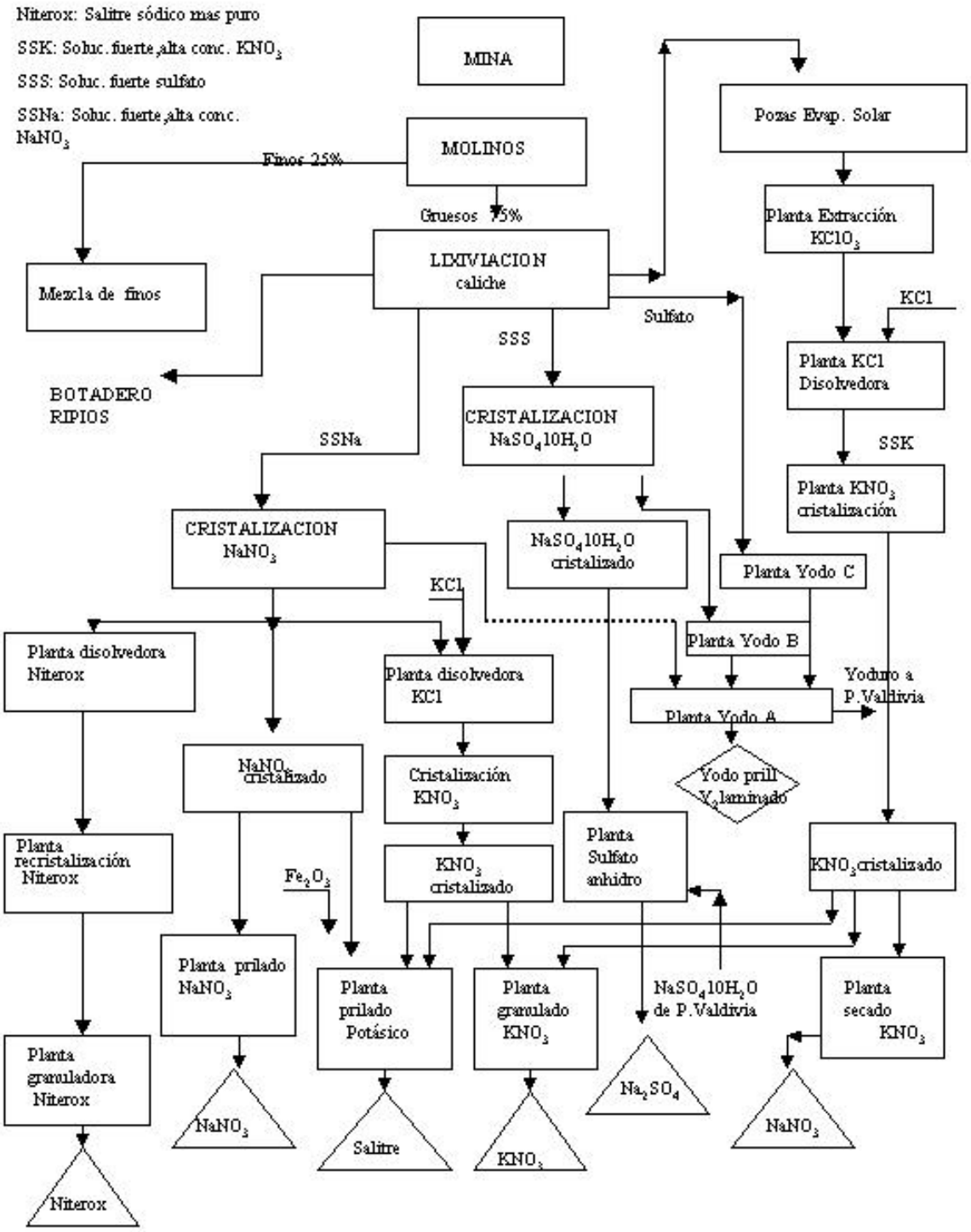

FIGURA N°5.4: FERTILIZANTES DERIVADOS DEL SALITRE