# Universidad Mayor de San Andrés

# Facultad de Ciencias Puras y Naturales Carrera de Ciencias Químicas



## TRABAJO DIRIGIDO

# "PURIFICACIÓN DE TRONA"

**POSTULANTE: PAMELA NOEMY LAURA RAMÍREZ** 

**TUTORES:** ING. HERNANDO PALMA

DRA. MARIA EUGENIA GARCIA

TRIBUNAL: DR. WALDO YAPU MACHICADO

LA PAZ - BOLIVIA 2013

#### **AGRADECIMIENTOS**

A MIS PADRES por la paciencia y el apoyo durante todos mis estudios.

LUIS por su colaboración y su apoyo incondicional, para la culminación de esta etapa en mi vida, y haberme enseñado tantas cosas.

ING. HERNANDO PALMA por la colaboración y guía que me brindo para la culminación de este trabajo.

DRA. MARIA EUGENIA GARCIA por la paciencia y colaboración para que este trabajo sea posible.

DR. WALDO YAPU por su amistad, colaboración cuando más lo necesitaba, su apoyo incondicional, sus palabras de aliento, por brindarme la oportunidad de ser auxiliar y así reforzar mis conocimientos.

LIC. CARLOS SANTELICES por brindarme su amistad y apoyo, enseñándome con su ejemplo sobre responsabilidad, puntualidad y la importancia de los conceptos en la vida de un químico. (Espero no haberlo defraudado nunca.)

DR. MAURICIO PEÑARRIETA por su amistad incondicional, por darme la oportunidad de trabajar en el área de alimentos y mostrarme que la ciencia hay que vivirla con entusiasmo y alegría.

LIC. LUIS CARLO por abrirme las puertas de CIRESU y darme la oportunidad de desarrollar conocimiento fuera de la universidad.

A MIS AMIGOS Arnold, Edgar, Ronald, Mauricio, Marcelo, Juan, Evelin por todos los momentos alegres y tristes que pasamos juntos.

A TODOS LOS MIEMBROS del laboratorio de alimentos que me abrieron las puertas y me dieron su confianza y amistad. (Aprendí mucho con ustedes)

## ÍNDICE

Página 2 OBJETIVO ...... 8 **MARCO TEORICO** 

2

5	METODOLOGIA
	<b>5.1</b> Proceso de separación de Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
	5.1.1 Cristalización fraccionada
	5.1.2 Solubilidad del carbonato de sodio
	5.1.3 Componentes que deben ser eliminados de la trona
	<b>5.2</b> Muestra
	<b>5.3</b> Sistema Trona-H <sub>2</sub> O: punto de saturación
	5.4 Purificación de trona
	5.5 Determinación de pureza del carbonato obtenido
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES
	6.1 Resultados
	<b>6.2</b> Discusiones
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	<b>7.1</b> Conclusiones
	7.2 Recomendaciones
8	BIBLIOGRAFÍA31
9	ANEXOS 32

# INTRODUCCIÓN

El 15 febrero de 1985, la Ley 719 crea CIRESU, Complejo Industrial de los Recursos Evaporíticos del Salar de Uyuni, empresa pública autorizada para actuar "en materia de licitaciones, asociaciones y suscripciones de contratos, en las fases de exploración, explotación, beneficio y comercialización de los recursos del Gran Salar de Uyuni" (art. 1).

CIRESU junto a COMIBOL actualmente está trabajando en muchos proyectos relacionados con recursos evaporíticos, uno de ellos es la implementación de la planta purificadora de Trona que al momento se encuentra en plena ejecución de la segunda etapa.

Bolivia es un país rico en recursos naturales, lamentablemente no los aprovechamos, pues simplemente son explotados y exportados como materia prima, muchas veces con otros elementos que son de mayor valor sin antes haber pasado por un análisis de todos sus componentes y posterior separación de estos. Un claro ejemplo es el del gas natural que se extrae de los campos gasíferos y es vendido a otros países sin antes haber determinado su composición y separación de sus componentes.

Durante mucho tiempo empresas extranjeras estuvieron explotando trona de alta pureza en Uyuni, por lo tanto esto hace que la extracción de carbonato de sodio sea muy rentable.

De esta manera es que se tiene la intensión de aprovechar al máximo nuestros recursos naturales y aprovechar la industrialización del litio que es una prioridad nacional.

El carbonato de sodio es un componente utilizado en la fase final del proceso de obtención de carbonato de litio; según estudios hechos por empresas japonesas, se requieren 45 mil toneladas de carbonato de sodio para obtener 30 mil toneladas de carbonato de litio. Si Bolivia quiere trabajar seriamente en la industrialización del litio y obtener buenas utilidades, es hora de que el país produzca todos los insumos necesarios para no depender del mercado extranjero. Y no repetir los mismos errores del pasado, como paso con el mega proyecto del Mutún donde se plantearon grandes proyectos pero no fueron establecidos con bases solidas en cuanto la sostenibilidad, por falta de los servicios básicos como son la energía eléctrica, gas natural y agua.

#### 1 PROBLEMA

Bolivia en los últimos años ha estado trabajando en la industrialización de los recursos evaporíticos. Entre ellos está la obtención de carbonato de sodio a partir de Trona, ya que éste es un insumo primordial para la producción de carbonato de litio. Pero lamentablemente se tropieza con algunos inconvenientes en la explotación, que pueden ser solucionados.

Uno de ellos es el reconocimiento de las zonas donde se va a explotar la trona y así identificar la pureza (ley) de la trona existente, pues la ley de la trona de Collpa Laguna no es uniforme, dependiendo de la zona del que se recolecte. También es necesario cuantificar las reservas totales en los yacimientos de trona existentes para la planificación de su industrialización y el ritmo de explotación.

La falta de control de calidad durante el proceso para obtener un producto final homogéneo y sea capaz de competir con productos importados, es un problema que debe ser tomado muy en cuenta en este y otros proyectos, donde además no se tiene personal capacitado que intervenga en el desarrollo de los procesos químicos.

# 2 JUSTIFICACIÓN

En Bolivia los recursos naturales de Trona con los que se cuenta, en gran parte son explotados con métodos artesanales y maquinaria improvisada, sin ningún asesoramiento científico-técnico y mucho menos se realiza el análisis de la calidad del carbonato de sodio obtenido.

Por lo tanto es necesario que nosotros como unidad científica cooperemos con nuestro conocimiento, para proponer mejores métodos de extracción y explotación de los recursos naturales bolivianos.

Por lo cual es necesario realizar un seguimiento a todo el proceso de industrialización de la Trona desde la parte química para la obtención de carbonato de sodio de alta pureza en Collpa Laguna, también proponer otros métodos de obtención de carbonato de sodio para la producción de carbonato de litio y sea sustentable en el tiempo para evitar que la planta de carbonato de litio y la planta de purificación de trona se queden como proyectos de corta duración, como muchas otras plantas existentes en el país que en lugar de beneficiar a los bolivianos y al país solo trajeron perdidas al Estado.

#### 3 OBJETIVO

8

Obtención de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> calidad comercial, a partir de la Trona proveniente de Collpa Laguna.

#### 4 MARCO TEORICO

#### 4.1 Yacimientos minerales

Cuando hablamos de yacimientos minerales, hay una serie de conceptos que tienen una gran importancia, ya sea en los aspectos geológicos-geoquímicos, o económicos.

El origen de los yacimientos minerales puede ser tan variado como lo son los procesos geológicos, y prácticamente cualquier proceso geológico puede dar origen a yacimientos minerales. Como por ejemplo:

- Procesos sedimentarios
- Procesos metamórficos
- Fenómenos volcánicos

La precipitación química directa de los iones contenidos en las aguas que rellenan las cuencas sedimentarias dan origen a diversos tipos de yacimientos, entre los que se destacan por ser más característicos son las evaporitas.

- Evaporitas marinas
- Evaporitas lacustres
- Evaporitas de medios desérticos

4.2 Trona

La Trona es un mineral evaporítico conocido químicamente como sesquicarbonato de sodio, la trona es un compuesto de bicarbonato de sodio carbonato de sodio dihidratado [Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · NaHCO<sub>3</sub> · 2H<sub>2</sub>O]. La trona sin refinar puede contener impurezas naturales, incluyendo arcilla, sílice, y otros materiales insolubles. Los tipos de impurezas naturales que se encuentran en el mineral varían y dependen de cómo y dónde se formó el mineral. El mineral de trona, es refinado mecánicamente - triturado, tamizado y secado antes del uso comercial. La trona mecánicamente refinada es utilizada principalmente por plantas de energía en aplicaciones de control de la contaminación del aire. La Trona ayuda a eliminar los óxidos de azufre (SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), ácido clorhídrico (HCI) y el ácido

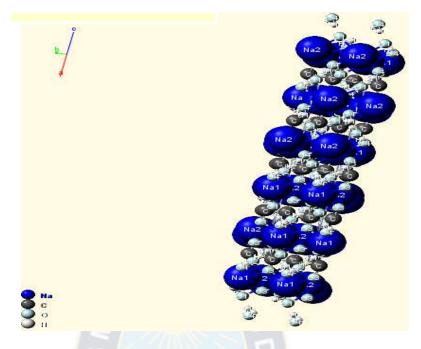
## 4.2.1 Datos generales

**Fórmula Química:** Na<sub>3</sub>H(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*2(H<sub>2</sub>O); son cristales uniformemente indistinguibles que forman masas grandes.

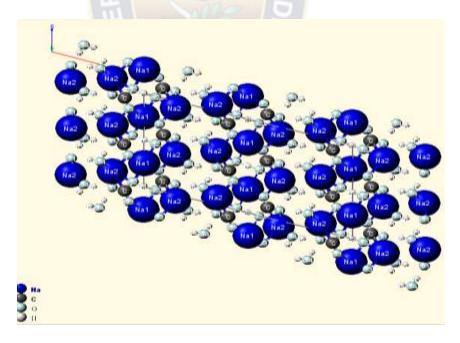
Peso Molecular. 226.03 g/mol.

**Composición:** 30.51% Na<sub>2</sub>O; 19.93% H<sub>2</sub>O y 38,94% CO<sub>2</sub>.

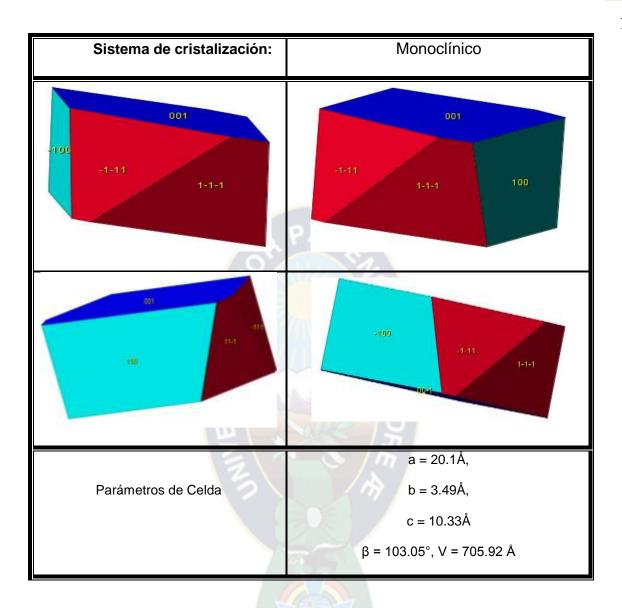
fluorhídrico (HF) de las emisiones de gases de combustión.



Fuente: www.webemineral.com



Fuente: www.webemineral.com



Fuente: www.webemineral.com

# 4.2.2 Análisis físicos y químicos

El análisis químico y físico de la trona, determinó los siguientes resultados:

Especie	% en peso
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	58,11
NaHCO₃	8,06
NaCl	15,89
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,43
H <sub>2</sub> O	9,24
Insolubles	4,04
Otros	3,23

# Análisis físico:

Densidad	1,22 g/cm <sup>3</sup> a 20°C
Análisis granulométrico	60 – 70%

## 4.3 Carbonato sódico

El carbonato sódico es un polvo higroscópico blanco, cristalino.

Es moderadamente soluble en agua fría; muy soluble en agua caliente y su solución es fuertemente alcalina por hidrolisis.

# Propiedades Fisicoquímicas

Nombre químico	Carbonato de sodio
Formula química	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Peso molecular	106,004 g/mol
Punto de fusión	851 °C
Densidad	2,533 g/cm <sup>3</sup>
Capacidad calorífica	256 cal/g
Calor de fusión	7000 cal/mol

## Solubilidad del Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en agua

Temperatura (°C)	0	10	20	30	35,1	40	50	60	70	80	107,7
Gramos de Na₂CO₃ en 100g de agua	7,1	12,6	21,4	40,9	51	49,7	47,5	46,4	45,8	45,2	45,1

#### 4.4 Procesos de obtención de carbonato de sodio artificial

Antes de la llegada de los procesos industriales, el carbonato de sodio, a menudo llamado "Soda Ash", venia de fuentes naturales, tanto vegetales como minerales. La soda hecha de cenizas de ciertas plantas y/o algas marinas ha sido conocida desde la antigüedad.

Al final del siglo XVIII la producción disponible era mucho mas baja que la demanda creciente del mercado de detergentes y cristal.

La academia francesa de ciencia ofreció un premio para la invención de proceso práctico para la obtención de Carbonato de sodio.

Nicolás Leblanc propuso un proceso partiendo de sal común y obtuvo la patente en 1791. El proceso Leblanc o también llamado "Black Ash" fue desarrollado en el periodo de 1825 hasta 1890. La mayor desventaja de

este proceso era su impacto ambiental con la emisión de grandes

14
cantidades de CIH gas y la producción de Sulfito de Calcio sólido, residuo
que no sólo pierde sulfuro valioso sino que también produce gases
venenosos. En 1861 Ernest Solvay redescubrió y mejoró el proceso basado
en la sal común, piedra caliza y amoníaco.

#### 4.4.1 Proceso Leblanc

Las reacciones que se llevan a cabo en el proceso Leblanc son:

$$2NaCl + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$$
 $Na_2SO_4 + CaCO_3 + 2C \rightarrow Na_2CO_3 + CaS + 2CO_2\uparrow$ 

Ambas reacciones se llevan a cabo por calentamiento.

Reacción total:

Las materias primas que utiliza son:

- CaCO<sub>3</sub> Se extrae de minas o canteras
- NaCl Se extrae de minas, salares o del mar (salmueras)
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Se produce por oxidación de S o FeS<sub>2</sub>, así como la reducción del SO<sub>2</sub>, procedente de industria metalúrgica, como VINTO
- C Se extrae de minas

Los productos del proceso Leblanc son:

HCl Utilizado para fabricar Cl<sub>2</sub>, por la reacción:

$$MnO_2 + 4HCI \rightarrow Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$$

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> Utilizado como tal o para fabricar NaOH, por la reacción:

$$Na_2CO_3 + Ca (OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2NaOH$$

CaS, Se puede utilizar para obtener S (de poco valor).

## 4.4.2 Proceso Solvay

El método de producción Solvay se basa en la producción de carbonato sódico a partir de la utilización de materias primas muy básicas como NaCl y piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>) y amoniaco. Se mezcla el amoniaco con la sal y se burbujea CO<sub>2</sub> para producir ácido carbónico.

$$NH_3 + NaCl + H_2CO_3 \rightarrow NaHCO_3 + NH_4Cl$$

El bicarbonato de sodio se separa de la solución y se calienta para producir carbonato de sodio.

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

Este método se sigue usando, pero debido al creciente costo del amoniaco y sus problemas de contaminación llevaron a buscar otras fuentes del producto.

#### 4.4.3 Proceso de obtención de carbonato de sodio natural

Actualmente el carbonato de sodio se obtiene, de una manera barata y simple, del mineral llamado "Trona". Este mineral se muele y se calienta se descompone de la siguiente manera:

$$Na_3H(CO_3)_2*2H_2O \rightarrow 3Na_2CO_3 + CO_2 + 3H_2O$$

El carbonato de sodio que se obtiene se disuelve en agua y se filtra para eliminar las impurezas, luego se calienta para obtener Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> anhidro puro.

#### 4.5 Usos del carbonato de sodio

El carbonato de Sodio es un producto químico utilizado en multitud de ramas de la industria.

**Siderurgia:** El Carbonato de sodio es usado como fundente, para tostar (calentar bajo una ráfaga de aire) el cromo y otros extractos y disminuye el contenido de azufre y fósforo de la fundición y del acero.

**Reciclado:** El Carbonato de sodio es usado para el reciclado de baterías viejas.

*Vidrio:* El Carbonato de sodio y sus derivados se usan para bajar el punto de fusión del silicio y poder trabajarlo mejor, también aporta el sólido necesario para formar la red vítrea.

**Detergentes:** En la fabricación de detergentes, el carbonato sódico es indispensable en las formulaciones al objeto de asegurar el correcto funcionamiento del resto de sustancias que lo componen, enzimas, tenso activos, etc. durante las diferentes fases del lavado.

**Regulador de pH:** No es de menos importancia el empleo del carbonato sódico en aquellos procesos en los que hay que regular el pH de diferentes soluciones, nos referimos al tratamiento de aguas de la industria, así como en los procesos de flotación.

**Precipitación del carbonato de litio:** La solución concentrada de Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se trata en estanques a 80 - 90 °C con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

$$Li_2SO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow Li_2CO_3 + Na_2SO_4$$

El precipitado de Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> se separa por centrifugación y de las aguas madres se recupera el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Otros Usos: Cerámica, Jabones, limpiadores, Ablandador de aguas duras, Refinación de petróleos, producción de aluminio, Textiles, pulpa y papel. Procesamiento metalúrgico, Preparación de farmacéuticos, Soda Cáustica, Bicarbonato de Sodio, Nitrato de Sodio y otros usos.

#### 4.6 Carbonato de Sodio en la obtención de Carbonato de litio

El carbonato y el cloruro de litio se extraen de las salmueras y se usan para el hidróxido de litio y el litio metálico. A este proceso se sigue con la producción de derivados inorgánicos u orgánicos.

Para la extracción de la salmuera se usan bombas que la extraen de perforaciones y después se la coloca en una *poza*, una especie de pileta en la cual se permite evaporar el agua, dejando en forma sólida, la sal común (cloruro de sodio). Estas piletas azuladas y turquesas son típicas de la explotación de litio, y se vislumbran a lo largo de las zonas Andinas del

Norte Argentino y chileno, y en Bolivia. Luego es necesario separar a diversos elementos incluyendo el potasio, el magnesio, calcio y aniones como sulfatos, para lo que se usa cal. Esta separación y reducción deja como producto el *líquido de litio* y allí empieza la extracción por solventes en una planta procesadora, para generar el litio puro al 97%. Allí se coloca carbonato de sodio a una temperatura de 60°C a 80°C y se extrae lo excedente del proceso. Y así llegamos al *carbonato de litio*.

### 4.7 Inicios de la explotación de trona en Bolivia

Se tiene conocimiento que por los años 1958 a 1960, se efectuó una explotación de trona en la laguna cachi, mediante la empresa QUIMICA BOLIVIANA, cuyo gerente el Sr. Ing. Alejandro Barrero llegó inclusive a realizar algunas exportaciones a la republica de Chile.

Posteriormente COMIBOL realizo explotaciones muy temporales, con el propósito de utilizar el carbonato de sodio de Collpa en pequeñas cantidades como fundente, para lo que destaco en varias ocasiones camiones a fin de recoger el mineral en las lagunas; como su consumo es mínimo unas cuantas toneladas les servía para uno o dos años.

Hacia el año 1972, la laguna comenzó a ser explotada por comunarios de la zona, los que se agruparon formando la cooperativa San José, quienes aprovechan el congelamiento que se produce en la superficie de la laguna durante los mese de invierno, para extraer en Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> que forma una película eflorescente de algunos centímetros de espesor sobre la calota de hielo. El procedimiento simplemente se realiza raspando el carbonato de

sodio dejándolo posteriormente secar en montones acumulados en las orillas de la laguna; en algunos casos se lo somete a calcinación moderada en planchas de hierro, las que son calentadas con yareta como combustible, mediante este sencillo proceso se logra elevar la ley del carbonato de sodio por encima del 60%.

# 4.7.1 Ubicación de Collpa Laguna

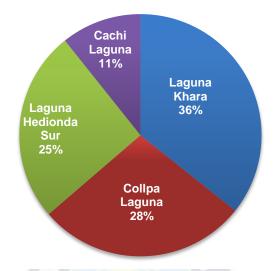
Collpa Laguna, se encuentra ubicada en el cantón Quetena Grande, Provincia Sud Lípez del departamento de Potosí, dentro de las coordenadas geográficas aproximadas 22° 30′ de latitud sud y 67° 30′ este, sobre una altura promedio de 4 510 msnm.

# 4.8 Reservas bolivianas de carbonato de sodio natural

Departamento	Lugar	Reservas Probables (TM)
Potosí	Collpa Laguna	47000
	Cachi Laguna	18000
	Laguna Hedionda Sur	43000
	Laguna Khara	60000

Fuente: Geografía Recursos Naturales de Bolivia, Ismael Montes De Oca

# Reservas Probables de Carbonato de Sodio en Bolivia



Fuente: elaboración propia en base a datos de Montes de oca.

#### 5 METODOLOGIA

21

## 5.1 Proceso de separación de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

#### 5.1.1 Cristalización fraccionada

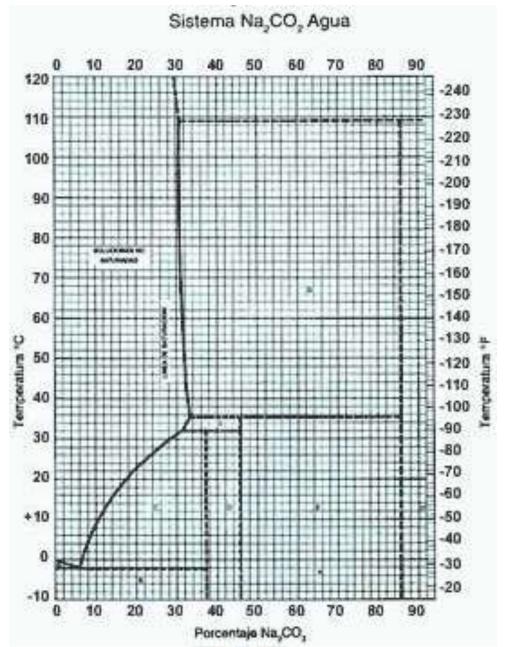
Es un método de purificación de sustancias basado en las diferencias de solubilidad. Si dos o más sustancias están disueltas en un disolvente y éste se va evaporando, dichas sustancias cristalizan en la disolución (precipitan) a diferentes velocidades. La cristalización puede ser inducida por cambios en la concentración, la temperatura o por otros medios.

En la cristalización fraccionada el compuesto se mezcla con un disolvente, se calienta y luego se enfría gradualmente a fin de que, como cada uno de sus componentes cristaliza a diferente velocidad, se puede eliminar en forma pura de la disolución, separado de los demás compuestos.

#### 5.1.2 Solubilidad del carbonato de sodio

El carbonato de sodio, aunque fácilmente soluble en agua, tiene la propiedad poco común de alcanzar su mayor solubilidad en temperaturas relativamente bajas de 35.4 °C (95.7 °F). En esta temperatura, 100 partes de agua disolverán 49.7 partes de carbonato de sodio, para dar una solución conteniendo 33.2% en peso de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Arriba de esta temperatura, la solubilidad disminuye, dando como consecuencia dos temperaturas de saturación para concentraciones entre aproximadamente 29% y 33.2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.



En este diagrama la curva señala la solubilidad expresada como por ciento de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> para temperaturas entre -2.1 °C (28.2 °F), y 109 °C (228.2 °F).

# 5.1.3 Componentes que deben ser eliminados de la trona

Los componentes que deben ser separados de la trona mineral obtenida de Collpa Laguna, que como sabemos está en la basta región del salar de Uyuni, son el NaCl, KCl, los diferentes carbonatos como el carbonato de calcio, el magnesio que es abundante en esta región, y otras impurezas de origen orgánico.

#### **5.2 PROCEDIMIENTO**

#### 5.2.1 MUESTRA

La procedencia de la muestra de Trona (Na<sub>3</sub>H(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*2(H<sub>2</sub>O) proviene de Collpa Laguna-Uyuni-Bolivia, que fue recolectado de los bordes mas cercanos a la laguna que esta cubierto por una capa fina de trona.

La parte experimental se desarrollo en los laboratorios de la Planta de Llipi de la COMIBOL y CIRESU en Uyuni.

# 5.2.2 Sistema Trona-H<sub>2</sub>O: punto de saturación

- La muestra de trona es molida en mortero, hasta lograr un polvo fino.
- Se disuelve la trona en agua potable, para cada uno de los ensayos se utilizo la relación másica indicada en la tabla No. 1, y se agregó sulfato de aluminio como floculante a la solución.

Tabla No. 1

No.	1	2	3	4	5
% Trona	30	40	50	60	70
% H <sub>2</sub> O	70	60	50	40	30

Se deja en permanente agitación, hasta que la muestra de trona se disuelva por completo a temperatura de 30°C, dependiendo de la proporción utilizada el tiempo de disolución de la trona varia.

- Una vez disuelta la muestra, se deja decantar la solución
- Una vez que las impurezas se hayan depositado en el fondo del vaso de procede a filtrar, para separar la solución de las impurezas.
- Se toma 100mL de solución y se lleva a evaporación, para cada muestra se trabaja por quintuplicado.
- La evaporación se realiza a 110°C.
- Cada 15 min. se controla la cantidad de volumen perdido por evaporación y se prueba el punto de saturación agregando 0,10g de carbonato de sodio, hasta encontrar el punto donde la solución se encuentra saturada para cada caso.

#### 5.2.3 Purificación de trona

- Se monta un sistema que consta de: un vaso de precipitados de 500 mL,
   un agitador magnético y termómetro.
- En el vaso de precipitados se disuelve la trona en agua potable, para cada uno de los ensayos se utilizo la relación másica indicada en la tabla No. 1, y se agregó sulfato de aluminio como floculante a la solución.

Tabla No. 2

No.	1	2	3	4	5
% Trona	30	40	50	60	70
% H₂O	70	60	50	40	30
$Al_2(SO_4)_3$	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml

- Se deja en permanente agitación, hasta que la muestra de trona se disuelva por completo a temperatura de 30°C, dependiendo de la proporción utilizada el tiempo de disolución de la trona varia.
- Una vez disuelta la muestra, se deja decantar la solución durante 30min según el caso.
- una vez que las impurezas se hayan depositado en el fondo del vaso de procede a filtrar con papel filtro y un embudo analítico.
- Se toma la solución filtrada y se lleva a evaporación, a una temperatura de 110°C.

# 5.2.4 Determinación de pureza del carbonato obtenido

- Se disuelve 1,0 g del carbonato obtenido con agua destilada.
- Se agrega 2 gotas de indicador naranja de metilo.
- Se titula con solución de HCl 0,50N, previamente estandarizado, hasta cambio de color de amarillo a rosado.

#### 6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 6.2 Resultados

# SISTEMA TRONA-H2O: PUNTO DE SATURACIÓN

En base al procedimiento descrito anteriormente obtenemos los siguientes datos:

TABLA No 3

No.	1	2	3	4	5
% Trona	30	40	50	60	70
% H <sub>2</sub> O	70	60	50	40	30
% Volumen Final	35%	40%	45%	-	-

Al realizar las pruebas para determinar el punto de saturación, se encontró que para:

La prueba 1, el punto en el que la solución esta saturada es del 35% del volumen total. Por lo tanto durante la evaporación se perdió 65% de agua. La prueba 2, el punto en el que la solución esta saturada es el 40% del volumen total. Por lo tanto durante la evaporación se perdió 60% de agua. La prueba 3, el punto en el que la solución esta saturada es el 45% del volumen total. Por lo cual durante la evaporación se perdió 55% de agua.

#### **PURIFICACIÓN DE TRONA**

TABLA No 4

No.	1	2	3	4	5
% Trona	30	40	50	60	70
% H <sub>2</sub> O	70	60	50	40	30
$Al_2(SO_4)_3$	5ml	5ml	5ml	5ml	5ml
	-	+	+	-	-

Para los vasos 2 y 3 la proporción de Trona-H<sub>2</sub>O son las ideales para el trabajo, tanto para la disolución de la trona como para la evaporación.

## DETERMINACIÓN DE PUREZA DEL CARBONATO OBTENIDO

TABLA No 5

No.	1	2	3	4	5
% Trona	30	40	50	60	70
% H <sub>2</sub> O	70	60	50	40	30
Pureza	93,6%	94%	95%	91,4%	-

Como resultado final, mediante la valoración del carbonato obtenido se obtuvo buenos rendimientos en el proceso. Pues los resultados para cada caso van desde el 91,4% hasta el 93,4%, aunque lo ideal hubiera sido obtener en todos los casos el mismo valor de rendimiento.

#### 6.3 Discusiones

# SISTEMA TRONA-H<sub>2</sub>O: PUNTO DE SATURACIÓN

Como podemos ver en la tabla 3 donde se tienen los datos del punto de saturación que se determino, podemos ver que para la prueba 2 y 3 se necesita evaporar entre un 40% y 45% para poder llevar a cristalización, es muy importante determinar este punto para que la cristalización sea eficiente y no se deseche el carbonato que aun se mantiene en la solución, ya que a nivel de industria seria perdidas económicas.

En La prueba 1, tenemos el punto al 35% en volumen lo cual no es conveniente por que demanda más energía ya que se trabaja a temperatura constante para la evaporación por lo tanto más tiempo y esto incrementaría en los costos de producción.

# **PURIFICACIÓN DE TRONA**

Para la tabla 4 donde se presenta la purificación de la solución de trona, solo son tomados en cuenta los vasos 2 y 3, por que se disuelven con facilidad y además son los mas ideales para la evaporación pues se tiene disuelto en su totalidad la muestra de trona y el agua a evaporar es menor comparando con los demás sistemas y además por que la acción del floculante aparentemente tiene el mismo comportamiento en ambas pruebas.

## DETERMINACIÓN DE PUREZA DEL CARBONATO OBTENIDO

En la tabla 5 tenemos los rendimientos del proceso de purificación donde a nivel laboratorio se pudo obtener alrededor del 90% de pureza y los que presentan mejor rendimiento son los vasos 2 y 3, donde se alcanzó 94 y 95% respectivamente cual alienta para mejorar el método y llegar al producto deseado que es carbonato de sodio químicamente puro.

#### 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.2 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos que fueron trabajados a nivel laboratorio, se obtuvo buenos resultados que son alentadores pero que también nos lleva a mejorar la técnica y adecuarlas a las condiciones a las que se quiere trabajar a nivel de planta, pues en el desarrollo del trabajo se tropezó con inconvenientes.

La obtención del 95% de pureza a nivel de laboratorio nos acerca al objetivo del proyecto que es el de desarrollar un método de adecuado a las condiciones climáticas, infraestructura y de disposición de reactivos con los que se cuenta, para obtener carbonato de sodio químicamente puro, para el consumo en la producción de carbonato de litio y posteriormente para la industria nacional y exportación, pues la región de los Lípez cuenta con una gran reserva de trona que esta estimada en 168000 Tm, aunque el gobierno central aun no a desarrollado estudios para cuantificar las reservas reales en todo Bolivia, pues no olvidemos que el salar de Uyuni no es el único en Bolivia sino que también contamos con otros salares menores como el de Coipasa.

#### 7.3 Recomendaciones

- Investigar un método de precipitación eficiente para la separación del carbonato de sodio contenido en la trona ya que este contiene otras impurezas.
- Hacer la caracterización de la trona de Collpa laguna y realizar un protocolo especifico de separación y demás pasos en la purificación, para así obtener

carbonato de sodio de alta pureza, que sea reproducible sin ningún inconveniente.

- Se recomienda hacer estudios con trona extraída de otros sectores como ser de Laguna Khara y Laguna Hedionda, como sabemos son sectores donde existe yacimientos de trona muy importantes y así poder identificar y cuantificar las impurezas en el mineral, para poder clasificar los sectores con yacimientos de trona, y modificar si es necesario el proceso de purificación.
- Realizar más pruebas en el secado del carbonato al aire libre y en horno desecador y comparar la calidad de ambos, pues esta planeado para la planta piloto realizar el secado en bateas expuestas al sol, por ser este proceso más económico.
- Paralelamente a la obtención de carbonato de sodio a partir de la trona, también se debe trabajar en la producción de carbonato de sodio por el método de Solvay, adecuándolo a la disponibilidad de materia prima existente en el país, ya que los principales componentes de este método son el cloruro de sodio y el amoniaco. el cloruro de sodio es una materia prima con la que contamos en gran cantidad y el amoniaco puede ser provisto por la planta de urea, además de que contamos con reservas de gas natural, todo esto con el fin de establecer cadenas industriales sostenibles, y no truncar la producción de carbonato de litio que es de interés internacional.

# 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Ballivián, F. Risacher ORSTOM. Los Salares del Altiplano Boliviano. Métodos de estudio y estimaciones económicas. París 1981.
- [2] Ballivián O. 1984 "Antecedentes y Acciones para el Aprovechamiento de los Recursos del Salar de Uyuni" Servicio Geológico de Bolivia.
- [3] Raymond K. 1963 "Enciclopedia de Tecnología Química" Tomo IV Cristalización. Internacional Critical Tables Tomo IV.
- [4] Nacif, Federico. "Bolivia y el plan de industrialización del litio: un reclamo histórico". La revista del CCC (CIRESU) [PDF]. Enero / Agosto 2012, n° 14/15. Disponible en Internet:

http://www.centrocultural.coop/revista/exportarpdf.php?id=322.

- [5] INFORME GEOLOGICO-ECONOMICO DE LA LAGUNA COLLPA Y DE LA LAGUNA HEDIONDA Ing. Oscar Ballivián Dr. Francois Risacher Ing. Antonio Echenique M. Febrero 1978
- [6] Lara R. 2007 Impactos Ambientales en el Altiplano Árido de Potosí. N: Conservación y Desarrollo Sostenible en el suroeste de Potosí. Bolivia
- [7] Blyth, F. Y de Freitas, M.: Geología para ingenieros. Compañía Editorial Continental, S.A., 1989
- [8] Solvay Chemicals (2005). Trona Sodium Sesquicarbonate. Solvay Chemicals Technical Publications.
- [9] Kostick, D.S. (2005). 2005 Minerals Yearbook Soda Ash. United States Geological Survey. Disponible en URL:

http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/soda\_ash/soda\_myb05.pdf.

## 9 ANEXOS

32

## **DIAGRAMA DE FLUJO**

# **PURIFICACIÓN DE TRONA**

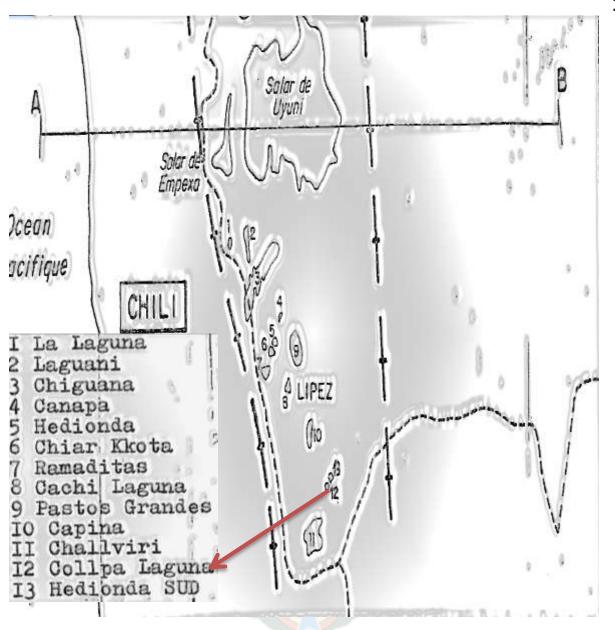


## **UBICACIÓN PLANTA LLIPI – UYUNI**



Fuente. COMIBOL

## **MAPA - COLLPA LAGUNA**

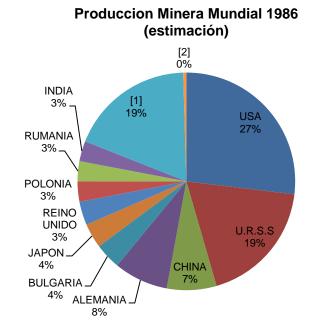


FUENTE: Ballivián, Risacher, Echenique. 1978

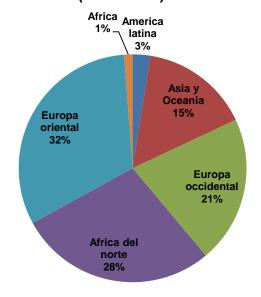
## PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE SODIO

PAIS	PRODUCCIÓN (Ton)
USA	7655001
U.R.S.S.	5297960
CHINA	2095597
ALEMANIA	2296993
BULGARIA	1097694
JAPON	1043263
REINO UNIDO	997904
POLONIA	852754
RUMANIA	852754
INDIA	852754
[1]	5277305
[2]	131814

[1] otros países con economía de mercado



# Produccion Minera Mundial 1987 (estimación)



	Producción(Ton)		
América latina	760000		
Asia y Oceanía	4650000		
Europa occidental	6275000		
África del norte	8446000		
Europa oriental	9550000		
África	360000		
Total	30041000		

<sup>[2]</sup> otros países con economía planificada

# SODA ASH: PRODUCCION MUNDIAL ESTIMADA POR PAÍS

(Mil toneladas métricas)

Country <sup>3</sup>	2001	2002	2003	2004	2005
Argentina	-		-	_	70
Australia	300	300	300	300	300
Austria	150	150	150	150	150
Bosnia and Herzegovina	37 5.4	'	12 *.4	117	11
Botswana <sup>5</sup>	251 4	283 4	309 4	263 4	250
Brazil	200	200	200	200	200
Bulgaria	800	800	800	800	800
Canada	300	300	300	300	300
Chad	12	12	12	12	12
China	9,144 4	10,330 4	11,336 4	12,668 4	14,210
Egypt	50	50	50	50	50
Ethiopia	84	44	44	644	7
France	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Germany	1,500 *	1,500	1,500 *	1,500	1,500
India	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Iran	120	120	120	130 '	130
Italy	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Japan	461 4	410	400	400 '	400
Kenya <sup>5</sup>	298 4	304 4	353 4	356 4	360
Korea, Republic of	310	310	310	310	310
Mexico	290	290	290	290	290
Netherlands	400	400	400	400	400
Pakistan	230	230	230	230	230
Poland	1,062 4	1,054 4	1,110 -4	1,167 = 4	1,115
Portugal	150	150	150	150	150
Romania	448	454	407 *	401 *	410
Russia	2,370	2,400	2,400	2,600	2,600
Spain	500	500	500	500	500
Taiwan	140	140	140	140	140
Turkey	640	825 1.4	835 r.4	846 -4	850
Ukraine	650	678	650	650	700
United Kingdom	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
United States <sup>5</sup>	10,300 4	10,500 4	10,600 4	11,000 4	11,000
Total	35,700 '	37,200 '	38,400 °	40,300	41,900

<sup>&#</sup>x27;Revised. - Zero.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>World totals, U.S. data, and estimated data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown. <sup>2</sup>Table includes data available through April 18, 2006. Synthetic unless otherwise specified.

In addition to the countries listed, Tanzania may produce soda ash for local consumption; available general information is inadequate for the formulation of reliable estimates of output levels.