



Universidad Autónoma de San Luis Potosí

ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS

“Estudio Sobre el Cloruro de Potasio”

Trabajo Recepcional
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
QUIMICO

EX-LIBRIS



P R E S E N T A
Lilia Puyou Bouscoulet.

TRABAJO RECEPTACIONAL SE PRESENTA

LILIA PUYOU BOUSSOULET

PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICO, DESARROLLANDO EL
TEMA "ESTUDIO SOBRE EL CLORURO DE POTASIO", ASIGNA-
DO POR LA PLANTA EXAMINADORA DE MAESTROS.

Marzo 16. - 19.00 hrs.

SISTEMA DE BIBLIOTECAS
Instituto de Investigación de Zonas
Desérticas, UASLP

A mis Padres
y hermanos

A mis maestros y a todos los que de alguna manera
me ayudaron en la realización de este trabajo.

A José Pedro
A Pepito

EL TEMA DEJARROLLADO TIENE EL SIGUIENTE ORDEN:

- HISTORIA
- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS
- METODOS DE OBTENCION A NIVEL LABORATORIO
- OBTENCION INDUSTRIAL
 - + MATERIAS PRIMAS
 - + PROCESOS
 - + CONTROL DE CALIDAD
- APLICACIONES PRINCIPALES
- DISCUSION Y CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

H I S T O R I A

ANTECEDENTES HISTORICOS

A través del tiempo el Cloruro de Potasio ha sido obtenido de diversas formas, aunque su presencia en algunos productos de origen empirico no se identificó hasta hace poco.

Cloruro de Potasio a partir de cenizas de árbol.

Durante la colonia de América, la producción de potasa⁺ a partir de cenizas de árbol, era una industria muy próspera; no solo en América sino también en Escocia y Nueva Inglaterra en donde se obtenía por lixiviación de cenizas de algas marinas y de otras plantas. La potasa así producida fué usada en la cerámica, jabón, tintes y en la industria de la curtiduría.

Durante el siglo XVIII la potasa cruda, una mezcla de cloruros, sulfatos y carbonatos de potasio, calcio y magnesio junto con sílica, carbón y algunos fosfatos empezó a ser suplantada por un producto parcialmente refinado llamado "Ceniza Perla"⁽²⁾, esta fué una de las primeras patentes de los Estados Unidos emitida en Julio de 1790 por Samuel Hopkins y firmada por G. Washington, este incluye un proceso para la producción de potasa y de "Ceniza Perla".

El valor de la potasa exportada de los Estados Unidos, se incrementó en los primeros años del siglo XIX, pe

+) En el comercio el término potasa se aplica a cualquier sal de potasio vendida por su contenido de potasio.

ro rápidamente declinó ya que las maderas duras de los bosques situados a lo largo de la costa del Atlántico fueron agotadas y otras empresas vinieron a ser más remunerativas que la del potasio.⁽¹⁾ Lo que mucho contribuyó en este descenso fué que el Carbonato de Sodio que era obtenido por el proceso Leblanc era un producto más barato y podía ser sustituto de la potasa usada en la industria.

El uso de las cenizas de madera como fertilizante ha sido practicada por siglos, los conquistadores de América vieron como los indios aplicaban ceniza a sus campos de maíz,⁽²⁾ naciendo de esto la utilidad de la ceniza de árbol como fertilizante, sin conocer que el origen de sus propiedades radicaban en el contenido de potasio.

Potasa de origen mineral.

Durante el período de 1839 a 1843, mientras que barrenaban cerca de Stassfurt en Alemania para obtener sal común, descubrieron extensos depósitos de sales que incluían sodio, potasio, calcio, sulfatos de magnesio y cloruros.⁽³⁾ Este fué un contratiempo para los buscadores de sal común, sin embargo, se pusieron a investigar los usos que podían dar a los otros elementos. Los estudios de los efectos de las sales de potasio en el crecimiento de las plantas dan a la agricultura un recurso para obtener un mayor crecimiento y calidad de los plantíos.

Sus experimentos en los suelos arenosos en el norte de Alemania, en el período de 1845 a 1850 despertaron interés en estos depósitos y en 1860 empezaron a trabajar intensamente.⁽⁴⁾ Al mismo tiempo otros yacimientos de potasa

fueron descubiertos en Polonia en 1862 y en Alsacia en 1904. Las minas de Alemania constituían la fuente principal de potasa en el mundo, desde la primer Guerra Mundial hasta la segunda.

Poco tiempo después de la declaración de la primer Guerra Mundial el abastecimiento de potasa a Estados Unidos disminuyó, ya que el precio ascendió espectacularmente de \$43 a \$500 por tonelada de KCl conteniendo 50% de K_2O . Los elevados precios y la imperiosa necesidad de potasa condujeron a gobierno y empresas privadas a buscar yacimientos de potasa en este país. La potasa fué recuperada de salmueras, minerales, cenizas de madera y algas marinas así como un subproducto de deshecho de la lana y de la manufactura de azúcar, alcohol, cemento y hierro. La producción anual de potasa alcanzó solamente 45 454 toneladas de K_2O , al terminar la guerra este país volvió a surtir de potasa en Alemania y por lo tanto la mayoría de las industrias de potasa en Estados Unidos cerraron, con excepción de los productores de potasa a partir de salmueras del Lago Searles en California.

Sin embargo la lección de la guerra no fué olvidada y se emprendió una campaña para buscar yacimientos de potasa. El congreso de 1926 asignó \$500 000 a la Inspección Geológica y a la Oficina de Minas para la exploración e investigación de los depósitos de potasa en Estados Unidos.

Los geólogos investigaron en la Cuenca Pérmica de sal,⁽⁶⁾ un área con la cual ellos ya estaban familiarizados.

Esta cuenca cubre un área de 131 160 kilometros cuadrados de superficie, se extiende del Sureste de Nuevo México a través de Texas y Oklahoma, hacia el Norte de Kansas y al Este de Colorado. Aquí probablemente estuvo un gran mar interno, tal vez un brazo del Golfo de México, el cual retrocedió hace cientos de millones de años y depositó un gran lecho de sal que alcanza un espesor de cientos de metros en algunas áreas. En subsecuentes eras geológicas los depósitos de sal fueron cubiertos con arena y arcilla las cuales forman la superficie terrestre en esa área.

En 1912 durante la perforación de un pozo para agua en Spur Texas fue reportada existencia de potasa; después de esto todos los pozos que se estaban perforando fueron examinados por el Gobierno de Estados Unidos.⁽⁶⁾ En 1921 durante la perforación de un pozo petrolero se encontró potasa en el pozo Bryant cerca de Midland Texas. En 1925 la Silvita fue identificada en cortes de un pozo petrolero por Sweeny Oil Co. al este de Carlsbad N.M. en esta área se perforó un centro de prueba por la U.S. Geological Survey, este fue el primer pozo que reveló la presencia de potasa en lechos de apreciable riqueza y espesor. En 1931 empezaron las explotaciones de potasa en estos yacimientos que son los mas grandes abastecedores de potasa hasta ahora en Estados Unidos.

Se han encontrado gran número de yacimientos de potasa soluble en otras partes del mundo, los depósitos silsacianos descubiertos en 1904 y empezados a explotar en 1910 tienen una extensión de 214.8 kilometros cuadrados;

con el regreso de este territorio a Francia después de la Primer Guerra Mundial, Francia entró en el mercado de la potasa como un fuerte competidor de Alemania.

Durante el período de la Primer Guerra Mundial, en el Norte de España fueron descubiertos depósitos de potasa y para 1935 España estaba produciendo aproximadamente 120 000 toneladas métricas de K_2O anuales.⁽¹¹⁾

En 1919 fueron descubiertos en la provincia de Perm Unión Soviética, depósitos de sales de potasio, que fueron explotados entre 1925 y 1927 y en 1937 se produjeron aproximadamente 1 500 000 toneladas métricas de fertilizante de potasio.

Un gran yacimiento de potasa fue encontrado en la salmuera del Mar Muerto.⁽¹²⁾ La producción de potasa del Mar Muerto ha recibido considerable atención en los últimos años.

Esta es una breve historia del descubrimiento y desarrollo de las áreas donde se produce la potasa. Hay otros depósitos acerca de los cuales poco se conoce como son:

Inglaterra, Canadá, Dinamarca, Perú y Juiza. Además de los depósitos de Asia Central que han sido estudiados por los Rusos pero se ha publicado poca información.

U S O S D E L K C l

USOS:

El potasio constituye uno de los mejores nutrientes-
esenciales para el crecimiento de las plantas.

Los efectos del potasio en las plantas son:⁽³⁾

a) Facilitar la producción de azúcares y almidones, o su transmisión desde las hojas, de aquí su valor para las cosechas de plantas que fabrican azúcares o almidón.

b) Endurecer la paja de los cereales y de las especies herbáceas en general.

c) Capacitar a la planta para resistir las condiciones adversas al terreno, clima y enfermedades haciéndola más resistente a la sequía, al tizón y a otras plagas. Por equilibrar la ración alimenticia de la planta, la potasa tiende a contrarrestar el exceso de crecimiento debido a una abundancia de nitrógeno.

Debido a la acción tan importante del potasio en el crecimiento de las plantas, las mezclas fertilizantes además de nitrógeno y fósforo contienen un porcentaje de potasio en forma de cloruro que varía según los requerimientos del suelo.

Aproximadamente un 90% de la producción mundial de Cloruro de Potasio se usa en fertilizantes,⁽⁵⁾ el restante 10% se usa en la producción de otros compuestos de potasio como son:

1).- Sulfato de Potasio: Usado también como fertilizante en plantíos de tabaco y cítricos, donde se usa con preferencia el sulfato en vez del cloruro ya que este hace que la hoja del tabaco se haga quobrediza. En los cítricos

el sulfato de frutos de mejor calidad.

2).- Hidróxido de Potasio: Usado en la industria de jabones blandos y ahora también muy usado en la de los champús.

3).- Oxido de Potasio: Se usa como protector en los equipos de respiración.

4).- Nitrato de Potasio: Usado en pirotecnia (color rojo al quemarse).

5).- El Cloruro de Potasio se usa también como reactivo de laboratorio y en la producción de otros compuestos de potasio de menor importancia que los anteriores.

PROPIEDADES DEL KCl

CLORURO DE POTASIO

Formula: KCl

Composición: 52.4% K, 47.6% Cl

Es el producto de la reacción de un ácido fuerte HCl con una base fuerte KOH, de donde recibe su nombre de luristo de Potasa.



Peso molecular: 74.555

Punto de fusión: 790°C

Punto de ebullición: 1500°C

Peso específico: 1.988

Indice de refracción: 1.4904

Dureza: 2

Calor de fusión: 6.410 cal/mol

Calor de vaporización: 38 840 cal/mol

Calor de formación: -104.361 Kcal/mol

Potencial de descomposición a 800°C: 3.34 voltios ⁽¹³⁾

Transparente si es puro. Incoloro o blanco. también con tonalidades azuladas o amarillentas debido a las impu rezas. ⁽¹⁴⁾

Sabor salado mas amargo que el del Cloruro de Sodio.

Es ligeramente higroscópico, una solución saturada a 30°C está en equilibrio con aire a 84% de humedad relativa.

Es fácilmente soluble en agua.

TABLA 1

Solubilidad del KCl ⁽⁵⁾

Temp. °C	solubilidad g/100 g de agua
-10	23.9 (-9°C)
-5	25.9 (-4.5°C)
0	27.6
10	31.0
20	34.0
30	37.0
40	40.0
50	42.6
60	45.5
70	48.3
80	51.1
90	54.0
100	56.7

Le atacan los carbonatos e hidróxidos de los metales alcalinos. ⁽⁶⁾

Las soluciones acuosas son neutras con un pH = 7

OBTENCION DEL CLORURO
DE POTASIO A NIVEL LA -
BORATORIO.

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD AUTONOMA
SAN LUIS POTOSI

OBTENCION

El Cloruro de Potasio puede obtenerse en el laboratorio con mucha facilidad.

a).- A partir de Hidróxido de Potasio y Acido Clorhídrico, seguida de una evaporación para eliminar el agua que se forma:



La reacción es altamente exotérmica.

Si el objeto de esta obtención es tener el KCl Q.P. los reactivos también serán Q.P., y se tendrá que controlar el pH para evitar como impureza cualquiera de los dos reactivos.

b).- A partir de Acido Clorhídrico y Potasio elemental.



que nos dará resultados similares al primer método, pero mas costosos.

M A T E R I A S P R I M A S U S A D A S E N
L A P R O D U C C I O N D E L K C l .

Las materias primas mas usadas en los diferentes procesos, para la producción de Cloruro de Potasio son:

1).- La Silvinita.⁽⁴⁾ Los componentes principales de este mineral son, la silvita y la halita, la cual constituye la ganga principal. La silvinita se considera el mineral mas económico en explotación y procesamiento.

2).- Salmueras de lagos salados.⁽⁵⁾ Un ejemplo de estos es la salmuera del Lago Searles en California que tiene la siguiente composición:

Componentes ⁽⁵⁾	%
KCl	4.70
NaCl	16.35
Na ₂ CO ₃	4.70
Na ₂ SO ₄	6.96
Na ₂ B ₄ O ₇	1.50
Na ₃ PO ₄	0.16
NaF	0.01
Otros	<u>0.30</u>
Sales totales	34.68
H ₂ O	65.32
Gravedad especifica	1.30
pH	9.38

3).- Agua de mar.⁽¹²⁾ El potasio se encuentra en el agua de mar en una concentración de cerca de 0.037% y el sodio en 1.07%. Una vasta reserva de potasio se encuentra en la salmuera del Mar Muerto, ubicado a 395 metros bajo el nivel del mar, el mar cubre un área de 139 kilometros-

cuadrados, con una profundidad media de 128 metros. El análisis del agua muestreada en la superficie y a una profundidad de 110 metros bajo la superficie está expresado en la siguiente tabla:

Composición del Mar Muerto

	Contenido de sal (g/lto) en la superficie.	Contenido de sal (g/lto) a 110 mts.
Cloruro de Potasio	10	16
Cloruro de Sodio	71	87
Cloruro de Magnesio	110	169
Cloruro de Calcio	31	47
Bromuro de Magnesio	4	7

Se calcula que las reservas totales de potasa en el Mar Muerto ascienden a cerca de 1 200 000 000 de toneladas de Oxido de Potasio como Cloruro de Potasio.

Aún cuando en otras épocas se han usado otras materias primas, como la madera de los árboles, algas marinas y minerales como la Carnalita ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) y la Kainita ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$), actualmente no resultan económicamente procesables, razón por la cual muchos países del mundo tienen que comprar el Cloruro de Potasio siendo México uno de ellos.

PROCESOS PARA OBTENER KCl
EN LA INDUSTRIA.

PROCESOS:

Los procesos usados en la obtención de Cloruro de -
Potasio (Muriato de Potasa) son:

- 1).- Proceso Trona
- 2).- Flotación
- 3).- Proceso de la Silvinita.
- 4).- Evaporación solar del agua de mar.

1) PROCESO TRONA

Obtención de potasa de las salmueras del Lago Searles

El lago Searles está situado en el extremo Noroeste - de San Bernardino California. Cubre un área aproximada de 5 kilómetros cuadrados.

Hay dos distintas estructuras de cristales en el lago Searles, ambas conteniendo valiosas salmueras. La estructura superior de aprox. 21 metros de profundidad, está separada de la estructura inferior de aproximadamente 11 metros de profundidad por un depósito de lodo impenetrable de 3.5 ó 4.5 metros de espesor. La estructura superior se trata para producción de Cloruro de Potasio, Sulfato de Potasio, Sulfato de Sodio, Carbonato de Sodio, compuestos de Boro, Bromuros y litio. El Carbonato de Sodio es recuperado de la estructura baja.⁽⁵⁾

Las salmueras y sales sólidas del lago Searles difieren en composición en las dos estructuras y en distintos niveles de la misma estructura.

Un análisis típico de las salmueras bombeadas de las estructuras baja y superior está dado en la siguiente tabla.

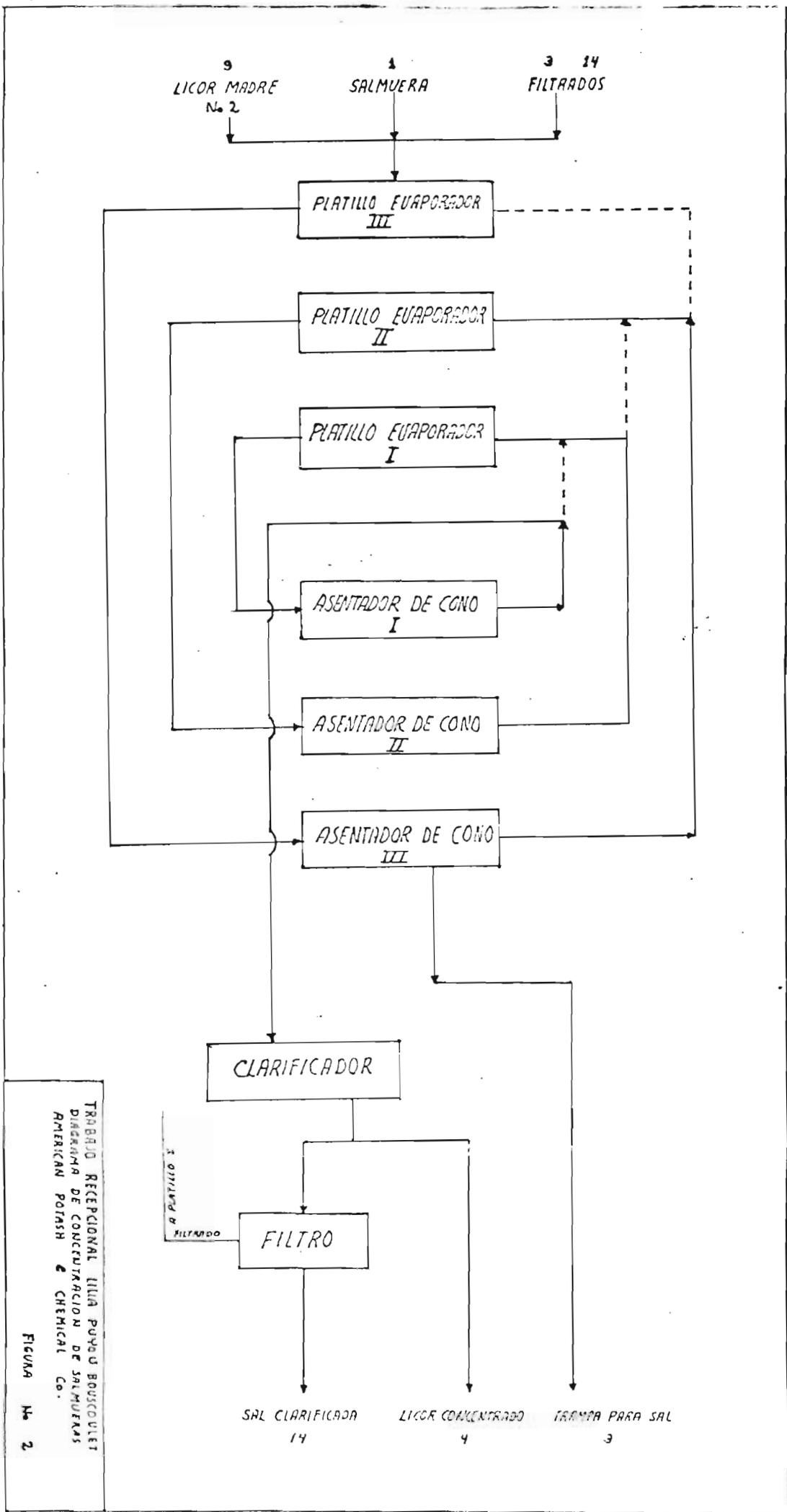


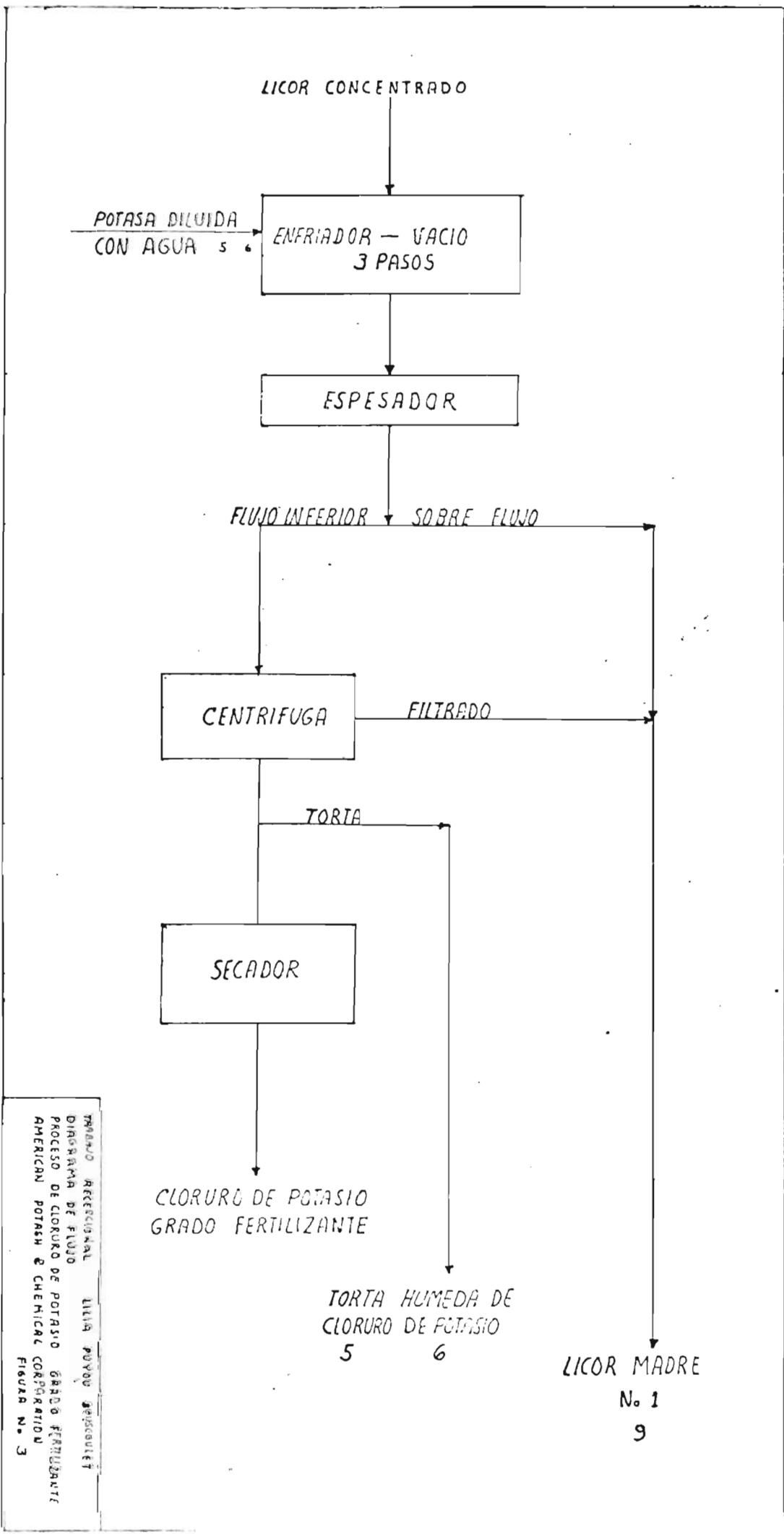
TABLA 11

Composición de la salmuera del Lago Searles

Constituyente ⁽¹²⁾	Estructura	
	Sup. %	Inf. %
KCl	5.02	2.94
Na ₂ CO ₃	4.80	6.73
Na ₂ B ₄ O ₇	1.63	1.96
Na ₂ SO ₄	6.75	6.56
NaCl	16.06	1.51
Na ₂ S	0.03	0.58
LiO ₂	0.015	0.006
KBr	0.12	0.03
WO ₃	0.007	0.004
P ₂ O ₅	0.070	0.044
I	0.003	0.002
F	0.002	0.002

Las salmueras del Lago Searles se benefician para - obtener grandes cantidades de Cloruro de Potasio, Borax- Carbonato sódico y Sulfato de Sodio junto con pequeñas - cantidades de otras sales por el proceso trona.⁽¹⁵⁾

Las salmueras del Lago Searles son tratadas en un - proceso cíclico para recobrar la mayor parte de los pro- ductos sólidos (Fig. 1).⁽¹³⁾ La salmuera entra con el licor- recirculado del proceso, la primera es concentrada en un gran evaporador de triple efecto para producir un licor- concentrado (Fig. 2).⁽¹⁴⁾ Durante la concentración dos cons- tituyentes, la Burquelita (Na₂CO₃ · 2Na₂SO₄) y cloruro de



TRABAJO RESERVA
 DISEÑO DE FLUJO
 PROCESO DE CLORURO DE POTASIO
 AMERICAN POTASH & CHEMICAL CORPORATION
 FIGURA N.º 3

LILIA POYOV JESEKOVIC

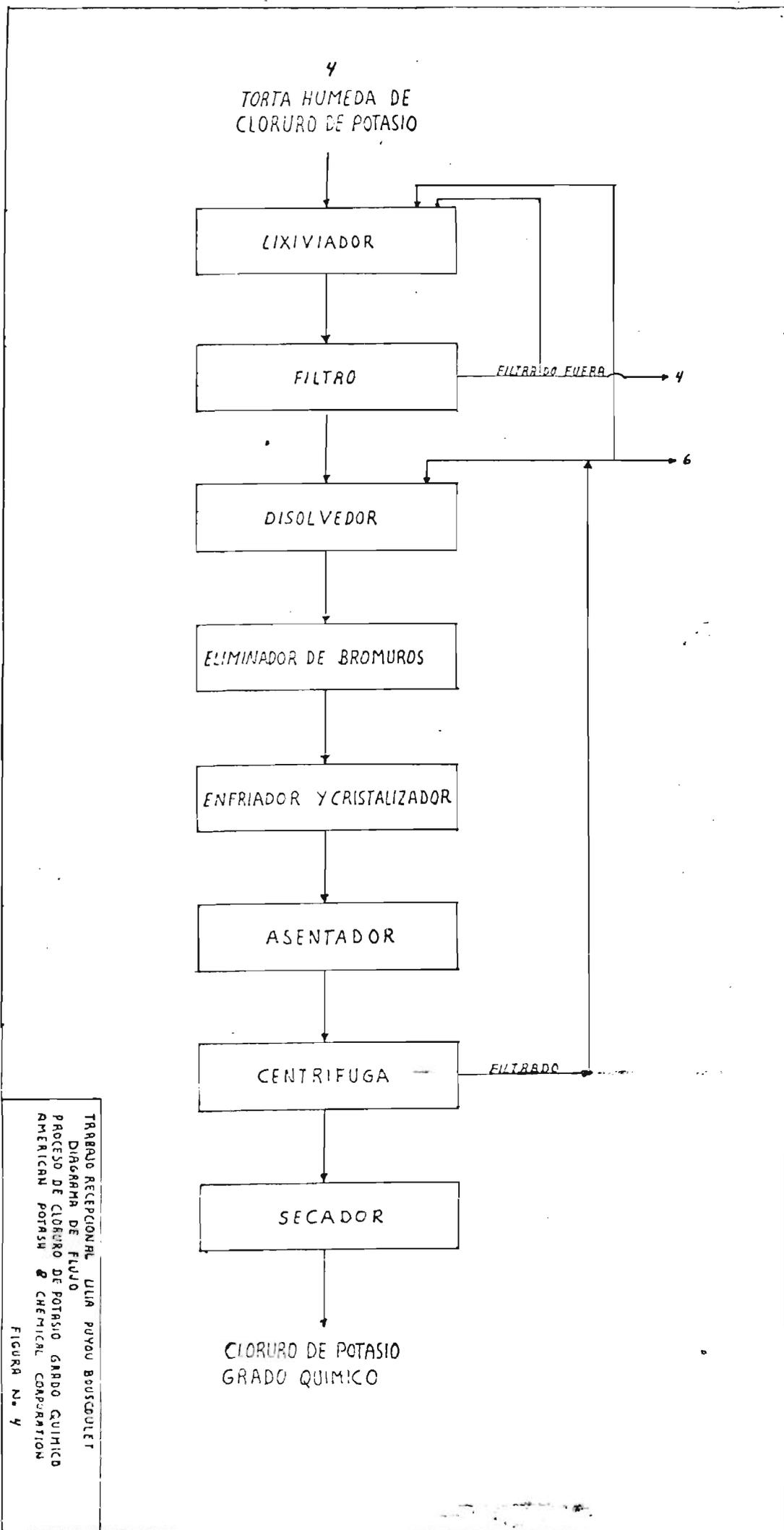
GRADO FERTILIZANTE

Sodio son separadas como sólidos; estas sales son removidas de los evaporadores por medio de trampas de sal y son separados en placas separadoras de contracción. La Burquelita es separada del licor concentrado y caliente por medio de un clarificador, un espesador y filtros rotatorios de vacío. La Burquelita va a la planta de productos de Soda, donde por un complejo proceso se separa en Sulfato de Sodio y Carbonato de Sodio (Torta de sal y Soda ash). Los cristales de Cloruro de Sodio húmedo encuentran algún uso en ciertos pasos del proceso pero eventualmente regresan al lago.

Después de la clarificación, el licor concentrado y caliente, sale de los evaporadores con una densidad cuidadosamente controlada, va a la planta de Potasa, donde el Cloruro de Potasio es separado por enfriamiento del licor en un enfriador del tipo de tres pasos de vacío (Fig. 3)⁽¹²⁾ El producto después de centrifugarlo, lavarlo y secarlo es Cloruro de Potasio grado fertilizante, con un contenido aproximado de 52% de K_2O

El licor madre de la cristalización del Cloruro de Potasio es diluido y enfriado para luego separar en enfriadores de vacío cristales de Bórax crudo (Tetraaborato de Sodio decahidratado $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$), de los cuales productos como Bórax refinado, Bórax anhidro y Acido Bórico se obtienen por futuro procesamiento.

El licor madre de la separación del Bórax crudo es regresado a los evaporadores junto con salmuera nueva y otra pequeña cantidad de licores del proceso.

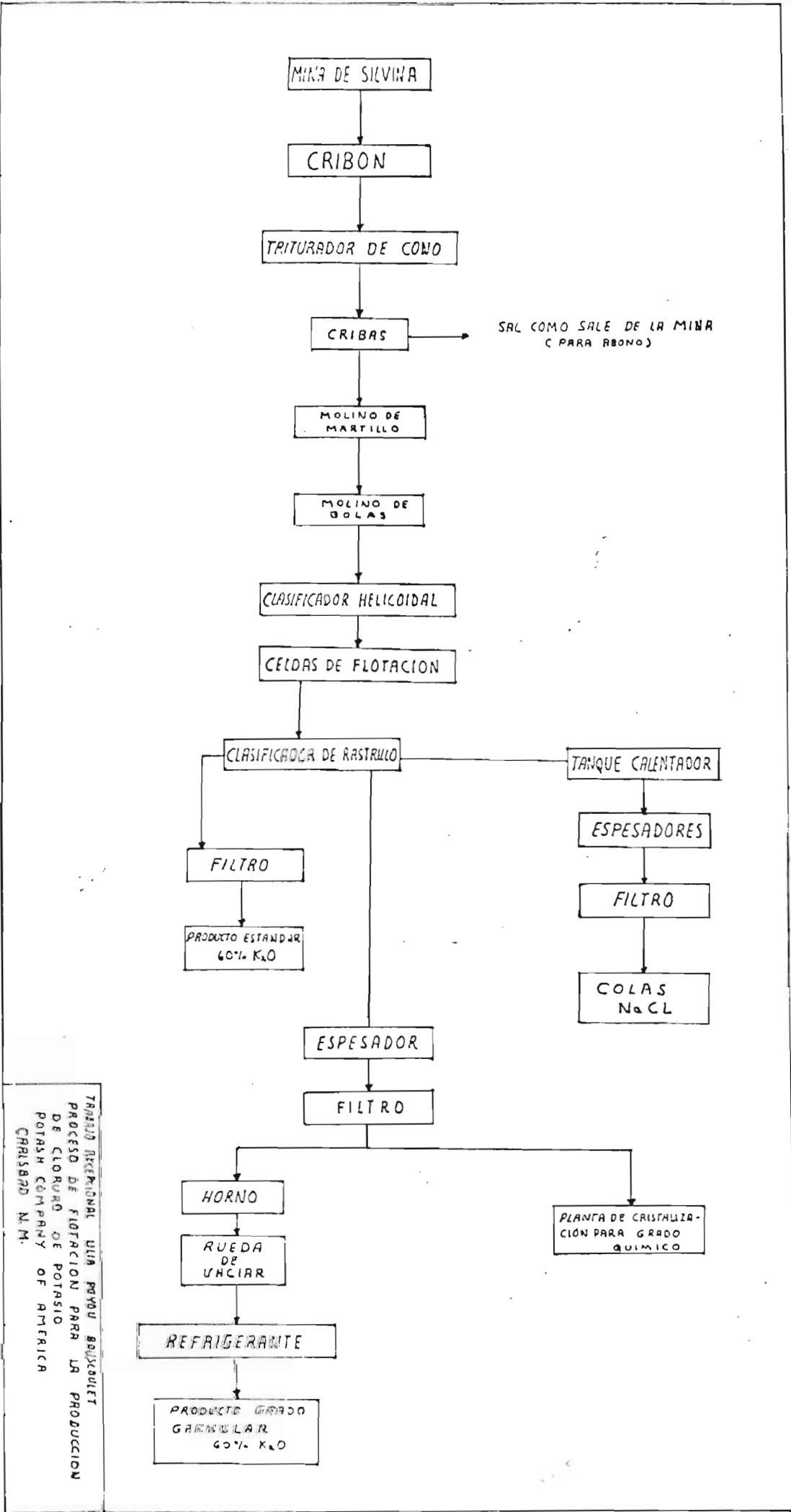


TRABAJO RECEPCIONAL UJIA PUYOU BOUSCOUTER
 DIAGRAMA DE FLUJO
 PROCESO DE CLORURO DE POTASIO GRADO QUIMICO
 AMERICAN POTASH & CHEMICAL CORPORATION
 FIGURA No. 4

El combustible requerido para la evaporación de la salmuera es uno de los gastos mas grandes, por lo tanto la conservación del calor es de gran importancia, debido a esto la salmuera que entra y los licores recirculados se usan para recobrar calor en los pasos donde se requiere enfriamiento.

La mayor cantidad de Cloruro de Potasio producido se vende como fertilizante, ya sea en forma cristalina o después de briquelado y comprimido como producto granular. Otra parte es purificada para usarse en procesos químicos o es convertida en Sulfato de Potasio.

Los pasos que se siguen en la producción de Cloruro de Potasio grado químico estan indicados en la figura 4, para esto se usa el Cloruro grado fertilizante, este es disuelto, filtrado y tratado con cloro. El Bromo presente es recobrado y vendido. El Cloruro de Potasio grado químico es cristalizado por enfriamiento de los licores libres de Bromo y es entonces centrifugado, lavado y seco.⁽¹²⁾



TRABAJO RECEPCIONAL UNA PRYVA BOLSENET
 PROCESO DE FIOTACION PARA LA PRODUCCION
 DE CLORURO DE POTASIO
 POTASH COMPANY OF AMERICA
 CRISABAD N.M.

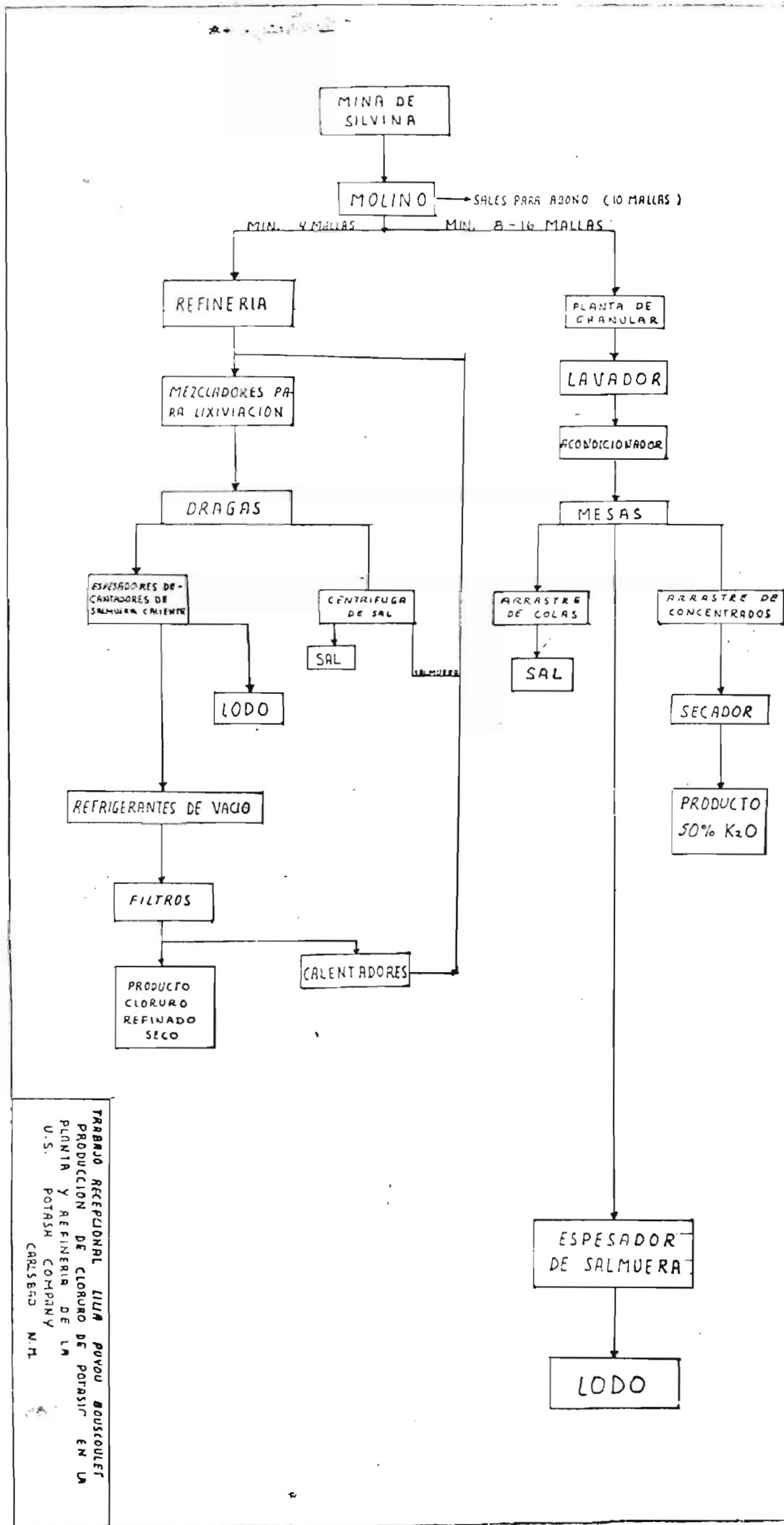
11) FLOTACION

Este proceso es propiamente una refinación representando la primera aplicación industrial de flotación para la separación de materias solubles. Es un adelanto de Norteamérica y se ha hecho factible por la razón de que la Silvinita no es un verdadero mineral sino una mezcla de cristales de Silvita y Halita, los cuales se pueden separar mediante una molienda relativamente fina.⁽⁵⁾

El mineral que ha de ser separado por flotación, se tritura primero en un molino de martillos, luego se hace una pulpa con salmuera y se pasa a un molino de bolas. El grado de finura que se ha de alcanzar depende del tamaño de la partícula que se tiene que separar por flotación de acuerdo al reactivo usado⁺. La pulpa del molino de bolas se clasifica, se devuelven al circuito de molienda los tamaños excesivos y se trata la pulpa de tamaño correcto con los reactivos adecuados para efectuar la flotación espumosa. Eligiendo los reactivos puede hacerse que la Silvita o flote o se sedimente. Normalmente se hace flotar la Halita y la Silvita se sedimenta. La pulpa con los reactivos pasa a través de una serie de celdas de flotación en las cuales se introduce aire por el fondo para formar una espuma de pequeñas burbujas. El aire es inyectado con un compresor o es introducido de la atmósfera por medio de un agitador o bien se emplean ambos métodos. La Silvita que corre por el fondo de las celdas se clasifica, enjuaga en filtros de vacío y pasa a secadores rotatorios, de donde sale la variedad comercial de Murio-

to de Potasa de 60%. Lo que rebosa del clasificador que contiene Cloruro de Potasio muy finamente dividido se en juaga para devolver la salmuera al circuito de flotación. El sólido se funde y se convierte en escamas por refrigeración o se disuelve y recristaliza para obtener una clg se de KCl de 99.9%. El Muriato ordinario y el escamoso - dan un promedio de 97% de KCl.⁽⁵⁾

+) El reactivo mas comunmente usado para la flota- ción de la Bilvita es una mezcla de aminas de ácidos gra sos compuesta de 25% Octadecilico normal, 25% Hexadecilii co normal y 50% Octadecenilico normal a la que se le aña de ácido Acetico glacial. La amina se usa al 1.0% en sol ución acuosa.⁽¹²⁾



TRABAJO RECEPCIONAL LILIA PUYOU BOSCQUEL
 PRODUCCION DE CLORURO DE POTASIO EN LA
 PLANTA Y REFINERIA DE LA
 U.S. POTASH COMPANY
 CARLSBAD N.M.

111) PROCESO DE LA SILVINITA

El mineral se muelo y separa por cribado en tres - partes; la cantidad de cada parte depende de la demanda - del mercado para las diferentes fracciones. El tamaño - mas pequeño que se vende como "sales fertilizantes no re - quiere enriquecimiento y se separa por simple cribado del mineral a través de la criba de 10 hilos por pulgada para venderlo como tal. El Muriato de Potasa de 50% se obtiene por flotación y concentración en mesas haciendo uso de - una salmuera saturada de sales de la mina como portadora. Las colas de Cloruro de Sodio y el concentrado al 50% de K_2O se separan de la salmuera por clasificadores de arrastre. La sal se deshecha y la Potasa se seca para embarcarla. La salmuera procedente de ambos clasificadores se clarifica por espesamiento para la eliminación de lodos y - vuelve a entrar a la cabeza del proceso. (4)

El Muriato de Potasa mas concentrado se obtiene por - dicólución o por flotación. El procedimiento de disolu - ción que es una adaptación del proceso fundamental de re - finación usado en Alemania, se basa en las diferentes re - laciones de solubilidad y temperatura entre los principa - les constituyentes del mineral que son el Cloruro de So - dio y el Cloruro de Potasio. En soluciones saturadas de - ambas sales la solubilidad del Cloruro de Potasio aumen - ta con la temperatura mientras que la del Cloruro de So - dio permanece casi constante. La salmuera fría proceden - te de la etapa final del proceso se calienta a unos 110°

Centígrados y se pasa a un sistema continuo en contracorriente con el mineral de 4 mallas (que pasa por la criba de cuatro hilos por pulgada) en cantidad suficiente para disolver todo el Cloruro de Potasio y una pequeña parte de Cloruro de Sodio. La sal no disuelta recibe un lavado final, se le quita el agua en un clasificador por centrifugación continuo y se deshecha. La salmuera caliente se clarifica en un concentrador aislado para eliminar el lodo y se bombea a cristalizadores de vacío. El lodo se lava para recuperar el Cloruro de Potasio adherido y se deshecha . En los cristalizadores se enfría la salmuera por evaporación parcial y el Cloruro Potásico resultante se separa y seca en filtros rotatorios de alimentación superior, de donde sale directamente para el embarque o el almacén. La salmuera filtrada se recalienta y vuelve al proceso.⁽⁵⁾

En algunos casos la fracción de mineral de 8-16 mallas se concentra hasta llegar a un producto de alto grado de pureza por medio de mesas, siguiendo el procedimiento que se muestra en la parte derecha del diagrama de operación.

RECUPERACION DE SALINERAS DEL MAR MUERTO (12)

A grandes profundidades dentro del Mar Muerto se encuentra salmuera con alta concentración de Potasa, esta salmuera profunda se bombea a charolas de barro arregladas de tal manera que se alimente una charola y por gravedad otra en un curso irregular y luego se regresa la salmuera al mar. Durante los meses de verano la combinación de altas temperaturas y atmósfera seca originan la evaporación. La salmuera concentrada se satura con Cloruro de Sodio que se asienta.

La salmuera con menos sal pasa a charolas de Carnalita ($KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$) en donde una mayor concentración causa separación de Carnalita. Esta sal se cosecha por medio de dragas mecánicas flotantes y se traslada a la refinera. La Carnalita se lava con agua para disolver el Cloruro de Magnesio. Los sólidos que quedan constituyen una Silvinita sintética (Mezcla de Cloruro de Potasio - Cloruro de Sodio). Esta mezcla se separa por flotación para recobrar la Potasa de grado comercial. El licor de lavado se trata para recuperar el Bromo.

C O N T R O L D E C A L I D A D

CONTROL DE CALIDAD DEL CLORURO DE POTASIO

El control de calidad del Cloruro de Potasio estándar que se usa en las mezclas fertilizantes no es tan estricto como el del Cloruro de Potasio grado químico usado para producir Potasio por electrólisis, el Cloruro de Potasio utilizado debe tener 99.9% de pureza como mínimo. Las impurezas que mas afectan en este proceso son: Hierro, Calcio, Magnesio y el radical sulfato, ya que bajan la eficiencia del proceso y la vida del electrodo se acorta. (2)

Los métodos empleados para determinar el Cloruro de Potasio y sus impurezas son los siguientes:

ANÁLISIS DEL CLORURO DE POTASIO TÉCNICO

Fundamento: La determinación del Potasio se realiza por el método del Perclorato. Las pequeñas cantidades de Cloruro de Sodio que puedan estar presentes se separan basándose en la gran solubilidad del Cloruro Sódico frente al Cloruro Potásico en alcohol de elevada pureza.⁽²⁾

En el extracto alcohólico se precipita el Sodio como Acetato de Uranilo Sódico Magnésico y se pesa como tal.⁽²⁾

El Magnesio se precipita como hidróxido de la solución acuosa de la sal, mediante una cantidad medida de Sosa o Potasa 2N y se valora el exceso de la base en una parte de la solución medida con HCl 0.1N⁽²⁾

El Sulfato se separa como Sulfato Bórico, partiendo de un gran peso de muestra.⁽²⁾

El método sirve también para el análisis de abonos potásicos.

EJECUCION

1) Determinación del Potasio (Cloruro de Potasio) (2)

En un matraz aforado de 500 ml. se disuelven 13.4525 g de la sal (esta pesada simplifica los cálculos) con aproximadamente 400 ml. de agua, se acidula debilmente la solución con HCl y las pequeñas cantidades de SO_4^{2-} que puedan estar presentes se precipitan a temperatura de ebullición con BaCl_2 , en esta operación hay que observar que al añadir el Cloruro Bórico el líquido no deje de hervir ya que de lo contrario podrian pasar al precipitado pasar al precipitado pequeñas cantidades de sal Potásica. No perjudica un pequeño exceso de Cloruro Bórico ya que el Perclorato de Bario (lo mismo que el de Sodio y Magnesio) es facilmente soluble en agua. Después de asegurarse que la precipitación de los sulfatos ha sido completa se diluye la solución a la marca y se agita bien. Ahora se filtra a través de un filtro seco a un vaso también seco y se toman 20 ml., los cuales se trasladan a una cápsula de porcelana plana, vidriada en azul o verde. Seguidamente se le agregan 8 ml. de ácido Perclorico que tenga una densidad de 1.125, luego se evapora bajo agitación a consistencia siruposa y se repite la operación después de haber añadido agua y ácido Perclorico.- Hay que evitar que se evapore a sequedad. Una vez frío el contenido de la cápsula se lava bien con 20 ml. de alcohol de lavado (alcohol Etílico al que se le ha añadido 0.2% en peso de ácido Perclorico), se decanta y se vierte el alcohol a un crisol filtrante de porcelana tarado, que se ha secado a 130°C , se trata el residuo otras dos veces con alcohol de lavado y se traslada finalmente al crisol con una

escobilla de goma. Ya en el crisol se lava tres veces con unos pocos mililitros de alcohol de 96% puro. Se deseca durante 30 min. a 130°C hasta peso constante, y se pesa.

Reacciones



Cálculos

Muestra 13.4525g. en 500 ml.

Alicuota 20 ml.

$$\frac{13.4525 \text{ g.}}{X} = \frac{500 \text{ ml.}}{20 \text{ ml.}}$$

$$X = 0.5370 \text{ g.}$$

$$\frac{\text{KCl}}{\text{KClO}_4} = \frac{74.6}{138.6} = 0.54$$

$$\% \text{KCl} = \text{Peso Cenizas} \times \frac{0.54}{0.537} \times 100$$

Determinación de Potasio método Tetrafenilborato de Sodio

Procedimiento:⁽¹⁾

Pesar 2.500g de muestra (cuando el contenido de K_2O en la muestra es mayor de 50% tomar 1.2500g en vez de 2.500) - y colocar en un vaso de precipitados de 400 ml. añadir 125 ml. de agua destilada y 50 ml. de solución de Oxalato de - Amonio al 4%, hervir durante 30 min. si hay formación de - espuma podemos controlarla añadiendo 1 ml. de solución de - Diglicol Estearato, agregar 3 gotas de indicador de Bromo - cresol purpura y añadir solución de Hidróxido de Amonio - 1 : 1 hasta el vire al color purpura, transferir a un ma - traz volumétrico de 250 ml. enfriar y aforar a la marca, - filtrar a través de papel filtro seco No. 2 desechando - los primeros mililitros de filtrado.

Transferir una alícuota de 15 ml a un matraz voluné - trico de 100 ml. y añadir 2 ml. de solución de Hidróxido - de Sodio al 20% Y 5 ml. de formaldehido. Añadir aproxima - damente 1 ml. de solución de Tetrafenilborato de Sodio por cada unidad de % de K_2O que se suponga tiene la muestra, - mas un exceso adicional de 8 ml. para asegurar la completa precipitación. Diluir hasta la marca, mezclar y después de 10 minutos de reposo filtrar a través de papel filtro What man No 12 o similar seco.

Con pipeta volumétrica tomar una alícuota de 50 ml. y colocarla en un matraz Erlenmayer de 125 ml. añadir 8 gotas de indicador Amarillo Clayton y titular el exceso de Tetra - fenilborato de Sodio con solución de sal custornaria de --

amonio hasta el virre al color maney usado en la estandariza
ción de las soluciones.

Cálculos y resultados:

Para 2.500g de muestra:

% de K_2O en base húmeda = (ml. de solución de Tetrafenil -
borato de Sodio - ml. de solución de sal cuaternaria de Amonio) (factor).

Para 1.250g de muestra:

% de K_2O en base húmeda = (ml. de solución de Tetrafenil -
borato de Sodio - ml. de solución de sal cuaternaria de Amonio) (factor) (2).

Soluciones:

Solución de Hidróxido de Sodio al 20%. Disolver 20 g -
de Hidróxido de Sodio en 80g de agua destilada.

Solución de Oxalato de Amonio al 4%. Disolver 4g de -
Oxalato de Amonio en 96g de agua destilada.

Indicador Púrpura de Bromocresol. Disolver 100 mg de -
Púrpura de Bromocresol en 100 ml. de alcohol Etílico al -
20% en volumen.

Solución de Estearato diglicólico. Tomar 20g de Estea -
rato diglicólico, añadir 500 ml. de Benceno y 500 ml. de -
alcohol Etílico de 95%.

Solución de Tetrafenilborato de Sodio. Disolver 12g -
de Tetrafenilborato de Sodio en aproximadamente 800 ml. de
agua destilada, añadir 25g de Hidróxido de Aluminio, agi -
tando por 5 min., filtrar a través de papel filtro Whatman
No. 42, recibir el filtrado en un matraz volumétrico de -

1000 ml., añadir al filtrado 2 ml. de solución de Hidróxi-
do de Sodio al 20% agregar a 1000 ml., agitar, colocar la-
solución en una botella de polietileno y dejar reposar -
dos días antes de su estandarización.

Solución de La sal cuaternaria de Amonio. Diluir 50-
ml. de Cloruro de Zéfiro al 12.8% a un litro, agitar y es-
tandarizar. (El Cloruro de Zéfiro puede conseguirse en -
farmacias como Cloruro de Alquildimetilbencilamonio o co-
mo Bromuro de Hexadeciltrimetilamonio. Según se use uno u
otro producto habrá que tomar la cantidad equivalente a -
la solución de Cloruro de Zéfiro).

Indicador Amarillo Clayton. Disolver 40 mg. en 100 -
ml. de agua destilada.

Estandarización de las soluciones.

Estandarización de la solución de sal cuaternaria de Amonio. A 5.00 ml de la solución de Tetrafenilborato de Sodio colocados en un Matraz Erlenmayer de 125 ml se le añaden 20 ml. de agua destilada, 1 ml. de solución de Hidróxido de Sodio al 20%, 2.5 ml. de solución de Formaldehido, 1.5 ml. de solución de Oxalato de Amonio al 4% y 8 gotas de - indicador Amarillo Clayton. Usando microbureta titulamos- con solución de la sal cuaternaria de Amonio hasta que 2.0 ml. de esta solución sean iguales a 1.0 ml. de solución - de Tetrafenilborato de Sodio.

Estandarización de la solución de Tetrafenilborato de So-
dio. Colocar 2.500g de Fosfato monopotásico en un matraz-

volumétrico de 250 ml. añadir 50 ml. de solución de Oxalato de Amonio al 4%, agregar agua destilada hasta la marca, agitar. Tomar una alícuota de 15 ml. y colocarla en un matraz volumétrico de 100 ml. añadir 2 ml. de solución de - Hidróxido de sodio al 20%, 5 ml. de Formaldehido y 43 ml. de solución de Tetrafenilborato de Sodio, aforar con agua destilada agitar vigorosamente, dejar reposar 5 min. - y filtrar a través de papel filtro Whatman 12 o similar - (seco). Con pipeta tomar una alícuota de 50 ml. y colocar la en un matraz Erlenmayer de 125 ml. añadir 8 gotas de - indicador Amarillo Clayton y titular el exceso de reactivo con solución de sal cuaternaria de Amonio hasta el virre a color nancey. El factor de la solución se calcula como sigue:

$$\text{Factor} = \frac{34.61}{(43.0 \text{ ml}) - (\text{ml. de solución de sal cuaternaria de Amonio.})}$$

Reacciones:



Cálculos:

$$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{KH}_2\text{PO}_4} = \frac{94.2}{272.2} = 0.3461$$

Muestra = 2.5g

KH_2PO_4 = 2.5g

$$\frac{2.5g \text{ KH}_2\text{PO}_4 \times 0.3461}{2.5g \text{ Muestra}}$$

2.5g Muestra

= 0.3461 g de K_2O / g de muestra.

$$\% \text{ de } K_2O = \left(\frac{\text{g de } K_2O \times 100}{\text{ml de NaB(C}_6\text{H}_5)_4} \right) \quad \text{ml de NaB(C}_6\text{H}_5)_4$$

F A C T O R

Determinación de Potasio por método Flanométrico.⁽¹⁶⁾

Para la determinación se usará un espectrofotómetro modelo Beckman B o DU

Análisis de Potasio

Ajustar el aparato a las siguientes condiciones:

Presión de Oxígeno 0.703 Kg/cm^2

Presión del Acetileno 0.246 Kg/cm^2

Ajustar la longitud de onda a 767 μm

Abertura de la rendija 0.13 mm

Preparación de la curva de calibración.

Preparar una solución de KCl que contenga 0.1 mg de K por mililitro (usar agua destilada y desionizada). Hacer diluciones para obtener estándares de concentraciones mas bajas.

Colocar el estándar mas concentrado bajo el aspirador y ajustar el cuadrante de % de transmitancia a 100. Equilibrar el instrumento con el control de sensibilidad y abertura de rendija. Repetir los pasos tomando las lecturas correspondientes con los estándares de concentraciones mas bajas. Trazar la gráfica de las lecturas sobre papel milímetro (% de transmitancia contra concentración)

Disolver la muestra de la misma manera que el estándar (ya que el contenido de Potasio en la muestra es muy alto, se pesará una cantidad muy pequeña de esta y la dilución será muy grande.) poner esta bajo el aspirador, hacer la lectura y comparar con la gráfica.

2) Determinación del Sodio (Cloruro Sódico)⁽²⁾

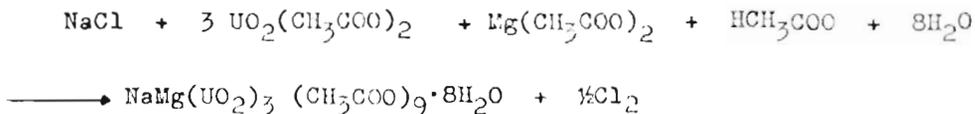
Fundamento: La cantidad principal de Cloruro de Potasio se precipita en la solución acuosa con alcohol etílico, en el filtrado se separa el Sodio como Acetato de Uranilo Sódico Magnésico. Se pesa como tal.

En un matraz aforado de 100 ml. se disuelven 10 g. de Cloruro de Potasio con 20 ml. de agua hirviendo, y bajo agitación se diluye a la marca con alcohol etílico de 96%, se agita bien y se filtra a través de un filtro seco a un vaso también seco. Se toman 10 ml. del filtrado, para contenidos de Sodio muy pequeños se pone doble cantidad, se trasladan a un vaso de 100 ml. y se evaporan. Se añaden 25 ml. del reactivo para un gramo de muestra, se deja reposar durante 12 horas, se filtra en un crisól filtrante de vidrio (Jena 1G 3) que contenga una capa delgada de amianto para crisoles Gooch sobre el cual se ha hecho succión previamente. Se decanta la solución, después se lava el precipitado en el vaso 2 o 3 veces con unos mililitros de precipitante y por último se traslada lavando con alcohol de 96% al crisól filtrante, se lava de nuevo 2 o 3 veces mas con alcohol, se deseca a 110 - 120°C y se pesa.

La solución para precipitar se prepara a partir de: 50g de Acetato de Uranilo (cristales), 106.5g de Acetato Magnésico anhidro y 60 ml. de ácido Acético glacial que se disuelven en agua y la solución se diluye a 2 lts se le añaden 2 lts de alcohol y se deja reposar dos -

días y se filtra.

Reacciones:



Cálculos:

Muestra 10g en 100 ml.

Alicuote 10 ml.

∴ se tomó 1g de muestra

$$\frac{\text{NaCl}}{\text{NaMg}(\text{UO}_2)_3 (\text{CH}_3\text{COO})_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}} = \frac{58.5}{1532.3}$$

$$= 0.038177$$

$$\% \text{NaCl} = \text{Peso ceniza} \times \frac{0.038177}{1.0} \times 100$$

Determinación de Sodio por método Flanométrico.⁽¹⁷⁾

Para la determinación se usará un espectrofotómetro modelo Beckman B o DU

Análisis de Sodio

Ajustar el aparato a las siguientes condiciones:

Presión del Oxígeno 0.562 Kg/cm²

Presión del Acetileno 0.246 Kg/cm²

Ajustar la longitud de onda a 589 m.

Abertura de la rendija 0.05 mm.

Preparación de la curva de calibración.

Preparar una solución de NaCl que contenga 0.1 mg de Na por mililitro (usar agua destilada y desionizada). Hacer diluciones para obtener estándares de concentraciones mas bajas.

Colocar el estándar mas concentrado bajo el aspirador y ajustar el cuadrante de % de transmisión a 100. Equilibrar el instrumento con el control de sensibilidad y abertura de rendija. Repetir los pasos tomando las lecturas correspondientes con los estándares de concentraciones mas bajas. Trazar la gráfica de las lecturas sobre papel milimétrico (% de transmitancia contra concentración).

Disolver la muestra de la misma manera que el estándar - poner esta bajo el aspirador, hacer la lectura y comparar con la gráfica.

3) Determinación del Magnesio. (Oxido Magnesico)⁽²⁾

En un matraz aforado de 500 ml. se disuelven 25g - de KCl con unos 30 ml. de agua y se tratan con 10 ml de NaOH 2N (= 200 ml. 0.1) exenta de Carbonatos. El Magnesio precipita cuantitativamente como hidróxido. Después se diluye el líquido hasta la marca y se agita, se filtra por un filtro seco y en 50 ml. de filtrado se va lora el exceso de NaOH con HCl 0.1N empleando Anaranjado de Metilo como indicador. No interfieren las sales de - Calcio que se encuentren en solución, expresandose el - resultado como MgO.

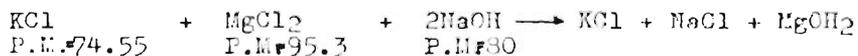
1 ml. de NaOH 0.1N equivale a 0.002g MgO

Reacciones:



Cálculos:

Contenido máximo de MgCl₂ que puede ser analizado - tomando esta cantidad de muestra:



Si en 10 ml. de NaOH 2N hay 0.8g de NaOH

$$\Rightarrow \begin{array}{ccc} 95.3\text{g MgCl}_2 & \text{-----} & 80\text{g NaOH} \\ \text{X} & \text{-----} & 0.8 \text{ "} \end{array}$$

25g de muestra son 100%

0.953 de MgCl₂ serán 3.812% que es el contenido máximo de MgCl₂.

Suponiendo que la muestra tiene 3.812% de MgCl₂ y 96.188%

de KCl.

∴ se tendrán 0.853g de $MgCl_2$ y 24.147g de KCl.

De los 0.8g de NaOH reaccionan 0.716g.

$$\begin{array}{r} 95.3\text{g de } MgCl_2 \quad \text{-----} \quad 80\text{g de NaOH} \\ 0.853 \quad \text{"} \quad \text{-----} \quad \text{X} \\ \text{X} = 0.716\text{g NaOH} \end{array}$$

En un mililitro de NaOH 0.1N 0.004g

∴ para 0.716g NaOH se necesitan:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ml.} \quad \text{-----} \quad 0.004\text{g} \\ \text{X} \quad \text{-----} \quad 0.716 \\ \text{X} = 179 \text{ ml NaOH 0.1N} \end{array}$$

De lo que se deduce que por cada ml. de NaOH 0.1N que reaccionan hay 0.0047653g $MgCl_2$

$$\begin{array}{r} 95.3\text{g } MgCl_2 \quad \text{-----} \quad 80\text{g de NaOH} \\ \text{X} \quad \text{-----} \quad 0.004 \quad \text{"} \\ \text{X} = 0.0047653\text{g } MgCl_2 \end{array}$$

Sin embargo como la forma convencional de expresar el contenido de Magnesio es como MgO

$$\frac{MgO}{MgCl_2} = \frac{40.3}{95.3} = 0.42288$$

⇒ por cada mililitro de NaOH 0.1N hay

$$0.0047653 \times 0.42288 = 0.002\text{g MgO}$$

Determinación de Calcio y Magnesio con EDTA (1)

Soluciones requeridas:

Solución Buffer.- Se pesan 6.8g de NH_4Cl sólido, a este se añaden 57 ml. de Hidróxido de Amonio concentrado. Se diluye a 100 ml.

Indicador.- Se disuelven 0.25g de Negro de Eriocromo T en 50 ml. de alcohol.

Solución de EDTA (Verseno) .- Se disuelven en agua 4.0g de Versenato ácido disódico dihidratado y la solución se diluye a 1 litro.

Solución estándar de Calcio.- Se disuelve en agua 1.000g de CaCl_2 g.P. Se pasa a un matraz de 1 litro y se afora. Cada mililitro de solución equivale a 1.000 mg de CaCl_2

Solución estándar de Magnesio.- Se disuelve 1.000g de MgCl_2 g.P. en agua y se afora a 1 litro. 1 mililitro de la solución equivale a 1.000 mg de MgCl_2

Estandarización de la solución de Verseno.

La solución de EDTA (Verseno) se estandariza con las soluciones estándar de Cloruro de Calcio y Cloruro de Magnesio.

- 1.- En un matraz erlenmeyer de 250 ml. se pipetea 25 ml. de la solución estándar de Calcio se ajusta el pH a 12 y se diluye a 50 ml.
- 2.- Se añade 1 ml. de solución Buffer.
- 3.- Se adicionan 4 gotas de indicador Negro de Eriocromo T
- 4.- Se titula con la solución de Verseno, hasta que la solución cambie de rojo a azul. Cerca del punto de vire, la solución de Verseno se agrega de dos en dos gotas, leyen -

dose la bureta antes de cada adición. Cuando ya no se puede distinguir cambio alguno de rojo a azul, en el color de la solución, significa que el punto de vire ha sido pasado. Como volumen de titulación se toma la lectura existente antes de la adición de las dos últimas gotas.

5.- Se calcula el volumen de solución de Versenato que se necesita para preparar exactamente 500 ml de una solución cuya concentración sea igual a 1 mg. de CaCl_2 por mililitro. Este volumen se mide cuidadosamente en un matraz volumétrico de 500 ml., se diluye a la marca, se verifica su concentración titulando 25 ml. de la solución estándar de Calcio.

De igual manera se hace con la solución estándar de Magnesio, solo variara el pH que será de 10.

Procedimiento:

Pesar 25g de muestra disolverlos en agua y aforar a 100 ml. Con pipeta volumétrica tomar una alícuota de 25 ml. Ajustar el pH a 12, añadir 4 ml. de la solución Buffer y 0.02g de Cloruro de Hidroxilamonio⁺ y 0.25g de NaCN sólido⁺ y 4 gotas de solución indicadora. Titular con la solución de Verseno al cambio de color de rojo a azul.

Se toma otra alícuota de 25 ml, en esta se precipita el Calcio con Oxalato de Amonio, se filtra y la solución que contiene el Magnesio se titula de igual manera que el Calcio. El Calcio se encuentra por diferencia.

Cálculos:

$$\% \text{CaCl}_2 = \frac{\text{Titulo de la soln. EDTA MG/ml} \times \text{ml gastados} \times 100}{\text{Muestra.}}$$

$$\% \text{MgCl}_2 = \frac{\text{Titulo de la soln. EDTA mg/ml} \times \text{ml gastados} \times 100}{\text{Muestra}}$$

Reacciones:



+) El Cianuro de Sodio se agrega para formar un complejo muy estable con cualquier ión de metales pesados que pudieran estar presentes. Esto evita que los iones metálicos interfieran, reaccionando con el Verseno.

El Cloruro de Hidroxilamonio se agrega para reducir los iones Férricos a Ferrosos, de estar presentes. En estado Ferroso, la interferencia del Hierro es evitada por el Cianuro.

4) Determinación del Sulfato.⁽²⁾

En un matraz aforado de 500 ml. se disuelven en agua 50 g de KCl, se diluye la solución, se agita bien y se filtra. Se toman 200 ml. del filtrado (20 g de la sal)- y se tratan en un vasa con 1 ml. de ácido Clorhídrico - concentrado y a temperatura de ebullición con solución ca- liente de Cloruro de Bario. El precipitado, Sulfato Bárico se deja sedimentar al calor durante unas horas, se fil- tra, se lava se calcina y se pesa.

Reacciones:



Cálculos:

Muestra 50g en 500 ml.

Alícuota 200 ml.

∴ se tomaron 20g de muestra

$$\frac{\text{SO}_3}{\text{BaSO}_4} = \frac{80}{233.3} = 0.3429$$

$$\frac{\text{SO}_4}{\text{BaSO}_4} = \frac{96.0}{233.3} = 0.4114$$

$$\% \text{SO}_4 = \text{Peso cenizas} \times \frac{0.4114}{20} \times 100$$

$$\% \text{SO}_3 = \text{Peso cenizas} \times \frac{0.3429}{20} \times 100$$

Determinación Turbidimétrica del ión Sulfato.⁽¹⁰⁾

Otro método para determinar el ión Sulfato, es por Turbidimetría, pudiendo usar para esto algunos de los aparatos analizadores Fotométricos que se mencionan más adelante.

Como el método requiere formar una suspensión, en este caso se usará Cloruro de Bario como agente.

Ya que la turbiedad dada por el Sulfato de Bario es difícil de reproducir, deben seguirse al pie de la letra las condiciones prescritas. Hacer el trabajo rápida y metódicamente de modo que cada turbiedad sea preparada en condiciones idénticas. No solo hay que controlar la concentración de los reactivos, sino también la velocidad de la reacción. Esto se consigue añadiendo (una vez que los componentes estén en solución) el precipitante, Cloruro de Bario, en forma sólida y con grano de tamaño definido. De esta manera la marcha de la disolución del Cloruro de Bario controla la velocidad de la reacción. Para inhibir el crecimiento de los microcristales de Sulfato de Bario, se agrega Cloruro de Sodio y Acido Clorhídrico antes de la precipitación. A medida que se verifica la precipitación la vasija de reacción recibe un movimiento acompasado para obtener partículas de tamaño uniforme. Agitar cada turbiedad al mismo ritmo e igual número de veces. Los problemas deberán ser tratados exactamente igual que las soluciones conocidas y el lapso de tiempo entre la precipitación y la medida habrá de mantenerse constante. De no observarse estas precauciones, resultará un --

gran error experimental.

Se construye una curva de calibración haciendo uso - por lo menos de cinco soluciones conocidas. En caso de - usar un colorímetro fotoeléctrico, hacer la grafica lle - vando la transmitancia sobre papel semilogarítmico frente a los miligramos de Azufre. La lectura en el aparato de - Klett Sumerson es ya función logarítmica. Si el que se - usa es el turbidímetro visual de Parr, la representación - gráfica se hará con los datos del espesor en milímetros - frente a los miligramos de Azufre.

Soluciones requeridas:

Solución estándar de Sulfato: Disolver 0.5444g de - Sulfato de Potasio P.P. en agua destilada y diluir a 1 litro, esta solución contiene 0.1 mg. de Azufre por mililitro.

Cloruro de Bario: Los cristales deben pasar a través de un tamiz de 20 mallas y ser retenidos por uno de 30 mallas.

Solución de Cloruro de Sodio: Un litro contiene 240g de Cloruro Sódico exento de Sulfatos y 2 ml de Acido Clorihídrico concentrado.

Método:

Las cubetas de los colorímetros y turbidímetros tienen ca - pacidades que varían de 10 a 100 ml. El turbidímetro vi - sual de Parr requiere 200 ml de solución. Los turbidime - tros fotoeléctricos usados en el laboratorio están equi - pados con tubos de ensayo especialmente seleccionados por ser mas convenientes que las celdas cementadas. En cual -

quier caso las cubetas deberán estar escrupulosamente limpias y sin huellas de digitales. Preparar turbiedades en el intervalo de 3.5 a 7.0 mg. de Azufre. Por medio de una bureta introducir en una probeta graduada, de 200 a 250 - ml. de capacidad y provista de tapón esmerilado entre 35- y 70 ml. de la solución estándar de Sulfato. Si se usa un turbidímetro fotoeléctrico, agregar 15 ml. de solución de Cloruro Sódico - Acido Clorhídrico y completar a 100 ml.- Para la medición en el turbidímetro de Parr añadir 25 ml. de la solución Cloruro Sódico - Acido Clorhídrico y completar a 200 ml. Agregar 1g de Cloruro de Bario en cristales. Cerrar la probeta y agitar durante un minuto invirtiendo la probeta una vez por segundo. Transferir la solución turbia a la vasija de absorción y medir la transmitancia o la desaparición del filamento de la lámpara, según sea el instrumento usado. Construir la curva de calibración.

Para la determinación de Sulfatos en el Cloruro de Potasio, se pesa 1.0g de KCl, se pasa a un matraz de 100-ml., se afora con agua destilada, de estos se toman 25 ml y se siguen los mismos pasos usados para hacer la curva de calibración. Se hace la lectura en el instrumento usado y se compara con la curva de calibración.

Deben evitarse la formación de burbujas en las vasijas de absorción.

5) Determinación de Hierro (Método Potométrico)⁽¹¹⁾

Aparatos:

Potenciometro equipado con electrodos de vidrio y calomel

Colorimetro fotoeléctrico Klet Summerson

Reactivos:

Solución estandar de Hierro: 0.1 mg de Fe_2O_3 por ml. Disolver 0.0350 g de alambre de Hierro puro ó 0.2456 g de $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ en 25 ml de ácido Sulfúrico 1:1 oxidando con solución de Permanganato de Potasio y diluir a 500 ml. exactamente.

Solución Clorhídrica de Hidroxil-amina. Disolver 10g de $NH_2OH \cdot HCl$ y aforar a 100 ml.

Solución de Orto-Fenantrolina. Disolver 0.25g en 10 ml de alcohol desnaturalizado o alcohol Iso-propilico y diluir a 100 ml. con agua.

Solución Buffer de Acetato de Amonio. 154g por litro.

Papel Rojo Congo, rango de pH 3.0 a 5.0 cambio de color de azul a rojo.

Preparación de la muestra.

Pesar 1.0 gramos de muestra, transferirlo a un vaso con unos mililitros de agua destilada, agite mecánicamente la solución y agregue gota a gota ácido Sulfúrico 1:1 hasta tener un pH de 1.6 . Enfrie a la temperatura del cuarto, transfiera a un matraz volumétrico de 250 ml. afora y mezcle agitando el matraz.

Preparación del blanco.

A 100 ml. de agua destilada se agrega gota a gota ácido Sulfúrico hasta tener un pH de 1.6 se afora a 250 ml. y se mez-

cls.

Procedimiento:

De los 250 ml. de solución de muestra y de blanco pipetear alícuotas en matraces volumétricos de 100 ml. para los siguientes usos.

50 ml. de solución de muestra para la determinación del Hierro.

50 ml. de solución de blanco para reactivo blanco.

50 ml. de solución de blanco para la preparación del estándar. Agregar a esta alícuota un volumen medido de la solución estándar de Hierro.

A cada una de las soluciones agregar 1 ml. de solución clorhídrica de Hidroxil-amina y mezclar. Agregar 10 ml. de Orto-fenantrolina y 15 ml de solución de Acetato de Amonio (solución Buffer). Colocar una tira de papel rojo congo en cada matraz y neutralizar con Hidróxido de Amonio 1:1 al cambio del color del papel indicador. Aforar cada solución exactamente a 100 ml., mezclar, transferir porciones a la celda del colorimétero.

Con el estándar se hacen soluciones que tienen concentraciones conocidas, hacemos las determinaciones, las lecturas estaran expresadas en grados Klett estos los graficamos contra concentración que estará en mg/ml. La lectura del problema se comparará con la grafica.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

En la actualidad el Cloruro de Potasio no se produce en México, por lo cual se importan anualmente -- 94 000 toneladas cuyo valor alcanza el orden de 60 millones de pesos.⁽⁹⁾ México compra la Potasa en los mercados de Estados Unidos, Canadá y Costa Rica.

Debido a la gran importancia que presenta por sus aplicaciones, sobre todo para la producción agrícola, base de la economía de cualquier país, el Gobierno Federal ha realizado algunos estudios por medio de la Comisión de Fomento Minero y el Consejo de Recursos Naturales no Renovables para determinar la existencia de yacimientos de Potasa en el país.

Uno de los estudios mas importantes que se han realizado fue el Proyecto "Potasio",⁽⁹⁾ desarrollado por la Comisión de Fomento Minero. Este fue encaminado a la exploración de algunas estructuras que manifestaron presencia de Potasio durante una perforación efectuada en 1958 en el Istmo de Tehuantepec.

Estas manifestaciones se determinaron en el pozo Tancamichapan en Jáltipan Ver.

Para tal estudio se proyectaron 25 pozos que se construirían en diversas partes. Las perforaciones se iniciaron en Diciembre de 1955, para fines de 1966 se habian perforado 12 pozos, la profundidad de estos fue de 300 metros.⁽⁹⁾

Dentro del cuerpo salino se encontraron depósitos de sales de color anaranjado y azul (Carnalita y Silvitita), óxidos de fierro y Lutitas negras.

Durante la perforación en Tancamichapan todos los pozos que alcanzaron el cuerpo salino presentaron manifestaciones de K_2O , sales de Potasio en porcentajes - que varían de 1 a 15%; en otros pozos se encontraron - con contenidos de K_2O que varían de 8 a 21%.

Se encontró que el mineral dominante es la Carnalita con un porcentaje de K_2O del orden de 15%, solo - un pozo reportó color azul, típico de la Silvinita, - que es el principal mineral de Potasio, con un conte - nido de K_2O que varió de 20 a 60%.

Se consideraron tres zonas de importancia de a - cuerdo a los resultados: ⁹⁾

1ª.- Localizada en la congregación Aguacatepec - Galeras.

2ª.- Localizada en la congregación Lomas de Tan - camichapan

3ª.- Localizada en la congregación Tancamichapan - Aguacatepec.

Para estas tres zonas se ha calculado un tonelaje de 5 a 6 millones de toneladas de K_2O . Pero ninguna - presenta atractivos económicos y pasan a ser únicamen - te reservas a futuro.⁽⁹⁾

Aunque se ha encontrado que hay Potasa en este - lugar la razón por la que no es económicamente explo - table es que el mineral que predomina, como ya se dijo antes es la Carnalita ($KCl \cdot MgCl \cdot 6H_2O$) y en este mine - ral no resulta económica la explotación porque la se - paración del Magnesio resulta difícil y el equipo cos - toso, además de que los yacimientos son pocos y de po

cos y de poco tonelaje.

Se han seguido haciendo estudios para saber si hay o no yacimientos de Potasa; actualmente se están perforando algunos pozos en Cuchillo Parado Chih. sin que hasta el momento se tengan resultados definitivos.⁽¹⁾

Se han encontrado sales de Potasio en Laguna del Rey Torreón, pero tampoco se procesan ya que los contenidos de Potasa son muy bajos y por lo tanto no son económicamente costeables.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las perforaciones realizadas hasta la fecha, en los diversos puntos del país, y los análisis obtenidos de los lagos salinos existentes, es evidente que no existen muchas posibilidades de que México pueda ser autosuficiente en Potasa; sin embargo ya que el territorio Nacional es muy grande, el Gobierno no deberá escatimar esfuerzos para proseguir en las investigaciones de posibles yacimientos de Potasa puesto que esto representaría una gran ayuda a la economía Nacional. Teniendo que ser el Gobierno quien realice tales estudios ya que la iniciativa privada no soportaría fácilmente el costo de los estudios con tan pocas posibilidades de éxito. Se requiere pues la realización de un gran esfuerzo como el hecho por el Gobierno de Estados Unidos después de la Primera Guerra Mundial, si es que se desea tener autosuficiencia en este renglón a corto plazo.

La otra posibilidad que queda es que a través del tiempo la explotación de la Potasa a partir de la Carnalita resulte costeable, ya sea por la creación de un nuevo

sistema mas económico que el encontrado hasta ahora, para la separación del Magnesio, o que el precio de la Potasa se eleve lo suficiente para hacer costeables las operaciones con Carnalita.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Análisis Cuantitativo
Ray U. Brumblay
3ª edición en español, México D.F. 1971
- 2.- Análisis de Metales
Métodos de Control Industrial
Comisión especial de Químicos de la Sociedad de Metalur-
gicos y Mineros Alemanes.
Dr. Ing. O. Proske
Director.
Dr. H. Blumenthal
Dr. F. Esslin
Directores adjuntos
Madrid, España 1950.
- 3.- Chemical Process Industries.
Morris Shreve
3ª edición, Tokio 1967
- 4.- Commercial Fertilizers
Gilbert H. Collings
3ª edición, Philadelphia 1941
- 5.- Enciclopedia de Tecnología Química
Kirk - Othmer
Primera edición en español, México 1961
- 6.- Fertilizer
Technology and Resources in the United States
Edited by K.D. Jacob
Vol III of Agronomy.
Library of Congress, Catalog Card No. 52-13361
New York N.Y. 1953
- 7.- Información proporcionada por el Ing. Luis J. Jimenez I.
Director de la Comisión de Fomento Minero Zona San Luis -
Fotosí.
- 8.- Información recavada de los Archivos de la Comisión de -
Fomento Minero en México D.F. y Coahuila de Zaragoza Ver.
- 9.- Memoria de las mesas redondas de información sobre explo-
raciones y resultados obtenidos en el sexenio 1965-1970
2ª Seminario sobre exploración Geológico-Minera. Consejo
de Recursos Naturales no Renovables.
- 10.- Métodos Instrumentales de Análisis
Hobart H. Willard.
Lyane I. Merritt Jr.
Primera edición en español, México D.F. 1965
- 11.- Official Methods of Analysis of the Association of Official
Agricultural Chemists
10th. edition London 1965.

- 12.- Química y Tecnología de los Fertilizantes.
Vincent Souchelli
Primera edición en español, México D.F. 1966
- 13.- Tratado de Química Inorgánica
Modesto Bargulló
Primera edición, México D.F. 1962.

