

16

661(04)

ALFONSO FABRE GARCIN

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
Incorporada a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Beneficio de las Sales Sódicas
contenidas en los estratos
tequesquitosos de la región de
Vicencio, Edo. de Puebla.



Tesis

QUIMICA

Guadalajara, Jal.

1952



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1 plano dob. f. d. T.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA
Incorporada a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Beneficio de las Sales Sódicas
contenidas en los estratos
tequesquitosos de la región de
Vicencio, Edo. de Puebla.



QUIMICA

Tesis
que para su examen profesional de

Químico
presenta el alumno

Alfonso Fabre Garcin.

Guadalajara, Jal.

—1952—

A LA MEMORIA DE MI PADRE

Sr. EUGENIO FABRE R.

A LA MEMORIA DE MI MADRE

Sra. MATILDE GARCIN DE FABRE.

A MI MADRE ADOPTIVA

Srita. CAROLINA GARCIN CH.

A MI ESPOSA

Sra. M. LUISA BANDINI DE FABRE.

A MIS MAESTROS.

A MIS AMIGOS.

BENEFICIO DE LAS SALES SODICAS CONTENIDAS EN LOS
ESTRATOS TEQUESQUITOSOS
DE LA REGION DE VICENCIO, EDO. DE PUEBLA.
ORIGEN DEL CARBONATO SODICO NATURAL.

1.—GENERALIDADES.

YACIMIENTOS Y SU FORMACION.
IMPORTANCIA DE LOS DEPOSITOS.

2.—CARBONATO SODICO NATURAL EN MEXICO.
TEQUESQUITES.

3.— ESTUDIO DE UNA SALMUERA.

GENERALIDADES.
ESTUDIO DE LA REGION "VICENCIO".
Y "EL CARMEN".

4.—BENEFICIOS DE LOS YACIMIENTOS.
LOS DIFERENTES METODOS.

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

BENEFICIO DE LAS SALES SODICAS
DE LA REGION DE VICENCIO, EDO. DE PUEBLA
Y EL CARMEN, EDO. DE TLAXCALA.

CAPITULO I.
I.—GENERALIDADES.

Apuntes Históricos.

De entre los productos que desde la más remota época fueron conocidos y aprovechados por el hombre, merece sin duda una mención especial el carbonato de sodio, pues fueron muchos y variados los usos a que lo destinaron los pueblos primitivos y de suma importancia el papel que desempeñó en el desenvolvimiento de la cultura.

El pueblo chino, aunque de ello no tengamos comprobación escrita, lo conoció y usó en sus magníficos esmaltes, en el desengrasado y teñido de pieles y telas y como jabón en combinación con grasas animales.

Los egipcios lo obtenían de los lagos y mantos salitrosos, y además de los usos anteriores, lo emplearon en la preparación de sus pinturas y para la fabricación del vidrio que tanto influyó en la cultura occidental.

El árabe lo conoció también y supo diferenciarlo del nitrato sódico, llamando Kaljum a la sustancia obtenida por la calcinación de algunos vegetales (chenopodiáceas) partiendo de esta última base para la elaboración de su jabón.

Los romanos lo llamaron nitrum y así es citado por Plinio. El pueblo hebreo, lo llamó Neter y lo aprovechaba principalmente para jabón. En el siglo XVI hace Piringuccio la diferenciación definitiva entre el nitrato y el carbonato; debiéndose el nombre de Soda a Geber.

Por lo que toca a los pueblos de América y a México en par-

ticular, se sabe que fué de todos conocido y aprovechado, obteniéndolo de las lagunas salitrosas.

En México le daban el nombre de "TEQUIXQUITL" de donde se castellanizó a Tequesquite. Lo emplearon principalmente para el desengrasado y teñido del algodón y del ixtli, y para el conocimiento y condimentación de algunos de sus alimentos pero sin confundirlo con la sal común como lo prueba el hecho de que exigían ésta como tributo a las tribus vecinas. Sin embargo como jabón empleaban el jugo de algunos vegetales.

Posteriormente se desarrolló en Europa (España principalmente) la obtención del carbonato sódico por calcinación de algunos vegetales (*Chenopodium-Salsola (Arenata)* (Barrillas) etc. Este producto contenía una riqueza muy variable de carbonato, entre 7 a 40% dependiendo del método seguido y de la fuente vegetal. Fueron productos particularmente apreciados los españoles, Barrillas y Soda de Tenerife, y los franceses Soda Narbona y Soda Blanquète.

Desaparecieron estos métodos gradualmente con el descubrimiento y desarrollo de los procedimientos de Solbay y Leblanc.

ORIGEN DEL CARBONATO SODICO NATURAL.

El carbonato formado en la naturaleza proviene de la degradación de las rocas alcalinas, pudiendo varias de ellas ser la fuente de esta materia y distintas las condiciones que intervengan en su formación.

En las salmueras actuales en que es posible saber con más o menos precisión cual es la corriente que forma o enriquece la salmuera, se conoce cuál es la fuente del carbonato. Tal es por ejemplo el caso muy frecuente de los manantiales termales o de los provenientes de regiones volcánicas.

En tales zonas el carbonato formado proviene de la disgre-

gación de las rocas volcánicas (Feldespáticas) por la acción del CO_2 interno que puede actuar de una manera continua y a veces a gran presión y temperatura. Siendo arrastrado hasta la superficie el carbonato formado por las aguas de los manantiales que nos ocupan. Parece comprobar lo anterior el hecho de que dichas aguas arrastran también diversos tipos de Bentonitas que son cenizas volcánicas alteradas en su constitución química por reacciones hidrotérmicas erosión y deslave.

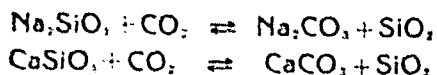
No se conocen de una manera completa todos los pasos de estas reacciones, pero se supone que la roca es alterada lentamente por el CO_2 , temperatura y presión con formación de carbonatos y bicarbonatos alcalinos, que aunque en parte como se verá más adelante, son absorbidos, en su mayoría son arrastrados por las corrientes hasta una cuenca cerrada o bien se pierden en corrientes mayores para desembocar en el mar.

A continuación tenemos la disgregación probable del Feldespato (Oligoclasa) hasta la formación de la Montmorrilonita que es el principal componente de las Bentonitas.

FELDESPATO.		MONTMORRILONITA.	
SiO_2	62.30	%	MgO
Al_2O_3	22.00		En proporción
Fe_2O_3	0.04		variable. más
K_2O	0.94		n. (H_2O).
Na_2O	8.20		
CaO	4.86		
MgO	0.82		

Como se verá, todas las bases capaces de formar carbonatos solubles han sido arrastradas, quedando solo las materias insolubles más trazas de los compuestos férricos parcialmente carbonatados. Parte del Ca es atacado por el exceso del CO_2 hasta bicarbonato soluble, el que ya en la superficie pierde parte de su anhídrido carbónico y se precipita como carbonato cálcico en los mantos calizos.

Otra de las maneras de formación de los carbonatos, es el ataque por el CO_2 de los silicatos alcalinos y alcalino-térreos en presencia del agua, según la reacción siguiente:



Aunque está expresada como reacción reversible, en la práctica se desplaza en el sentido de la formación del carbonato, pues en el caso del Sodio, éste al ser soluble es arrastrado fuera del sistema, en el caso del Ca por el exceso del CO_2 pasa hasta bicarbonato soluble y a continuación es arrastrado hasta la superficie, siguiendo su proceso natural. Así se explica también la presencia de la Silice en el agua.

El CO_2 que actúa en estas reacciones puede tener diverso origen, siendo su forma más simple el ataque del CO_2 atmosférico, de acción lenta pero muy general por ser tan grande la superficie de contacto, y tan abundantes en la corteza terrestre los silicatos alcalinos. Además por ser tan soluble el Bióxido de Carbono es fácilmente arrastrado por la lluvia en su caída siendo entonces su acción reforzada por el poder erosivo y disolvente del agua.

Pudiendo ser este CO_2 originado por la descomposición de la materia orgánica contenida en los terrenos o bien ser de origen volcánico como ya se ha dicho.

Algunos autores admiten además la acción del CO_2 sobre los sulfuros alcalinos, provenientes de la reducción por materias orgánicas de los sulfatos respectivos. Estos sulfuros rompen su molécula muy fácilmente por ser su ácido muy débil, quedando sulfídrico libre que generalmente se oxida hasta azufre.

Conviene hacer notar, que en algunos depósitos antiguos, y dadas sus condiciones geológicas especiales, es difícil precisar el origen de las sales acumuladas en los mismos.

YACIMIENTOS Y SU FORMACION.

De gran interés es el estudio de los diversos tipos de yacimientos salinos, de las condiciones que se requieren para su formación, y de la manera como ésta se ha efectuado. Porque además del punto de vista puramente teórico, su conocimiento en la práctica representa la posibilidad de una mejor explotación de sus productos y además facilita el descubrimiento de nuevos mantos o salmueras.

Para su estudio es preciso conocer las diversas formas en que se presentan esos yacimientos.

Tenemos en primer lugar, por orden de antigüedad, los verdaderos mantos carbonatados, en los que se encuentran las sales en estado sólido, ya cristalizadas, siendo el principal componente de éstas un sesquicarbonato sódico.

En segundo lugar tenemos los yacimientos llamados mixtos, y finalmente las salmueras de diversos tipos que contienen en solución las sales sódicas, estas salmueras pueden ser superficiales, más o menos profundas, acompañadas algunas de ellas con lagos superficiales.

En el caso de mantos carbonatados sólidos su formación se debe a la concentración de salmueras profundas muy antiguas que han perdido por completo su agua después del agotamiento de sus fuentes de formación, o por causas diversas tales como el haberse desviado las corrientes por algún movimiento geológico. Estos mantos siempre descansan en suelos rocosos e impermeables, lo que permitió su formación.

Como ya se dijo, el componente principal de estos mantos es el sesquicarbonato sódico $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ mezclado con una proporción variable de sulfatos y cloruros siendo de notar la ausencia en ellos del catión Potasio. Los principales mantos de este tipo descubiertos hasta la fecha se encuentran en el suroeste del Canadá y en el oeste de los Estados Unidos, siendo tal vez los mayores los depósitos profundos de Green River, y de Searles, Cal.

Otro tipo de manto carbonatado sólido es el superficial, éste tipo de yacimientos es poco conocido y no ha sido suficientemente estudiado, pero parecen ser cristalizaciones debidas a la total evaporación de las aguas madres, pues ocupan el fondo de valles de cuenca cerrada que fueron como lo muestran sus orillas claramente, vasos de lagos de gran superficie y poca profundidad, desecados lentamente debido a cambios climáticos que hicieron prácticamente nula la precipitación pluvial, dando con ello lugar a la formación de los llamados desiertos de sal de las regiones estepáreas. En algunos casos sobre estos mantos salinos que siempre son muy antiguos como se deduce de su estado actual, se han depositado capas más o menos densas de terrenos sedimentarios que a la vez que cubren y enmascaran el yacimiento, lo protegen de la acción de los elementos, siendo típicos de climas excesivamente secos. Pudiendo formarse por causa de algunas lluvias charcos muy salobres que al secarse dejan en la superficie un monohidrato sódico llamado termonatrita, que es un carbonato de fórmula $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

En los yacimientos llamados mixtos, algunos geólogos admiten la posibilidad de que despues de largas épocas de completa sequía (Cuaternario Antiguo) en que tuvo lugar la evaporación, cristalización y posterior recubrimiento de los mantos con los terrenos de depósito favoreciéndose éste por hundimientos técnicos de las cuencas, se efectuó un nuevo cambio climático en sentido de normalizar la precipitación pluvial sobre la misma zona, dando lugar a la formación de lagos más o menos permanentes sobre los terrenos depositados; las aguas de dichos lagos filtrándose a través de los terrenos llegan hasta el manto salino disolviéndolo en parte, formando una salmuera que a su vez por capilaridad alcanzará las aguas de la superficie diluyéndose en ellas, sin embargo si la evaporación no es excesiva éstas pueden permanecer prácticamente dulces, pues la mezcla a pesar de la capilaridad está limitada por la diferencia de densidades y por la impermeabilidad del terreno. Cuando la capa de separación entre el manto salino y las aguas superficiales es muy permeable, con el tiempo llegan a disolverse totalmente las sales que forman el yacimiento dando lugar a una verdadera salmuera subterránea con un manto inestable de separación formado por los terrenos de depósito. Si el

manto no tiene la suficiente consistencia, como suele ocurrir generalmente sobrevendrá un desplome de éstos al fondo de la salmuera dando lugar a su mezcla con las aguas superficiales. Tal caso es posible de determinar con el estudio del fondo de la nueva salmuera. Si embargo el caso más frecuente en este tipo de yacimientos es aquel en que sólo ha habido derrumbes parciales del manto de separación formando una especie de pozos que algunas veces llegan hasta el manto salino, lo que explica la desigualdad de salinidad en las muestras tomadas en diversos lugares del lago exterior.

Debido también a la diferencia de permeabilidad del suelo, que afecta el grado de solubilización sufrido por el yacimiento, las muestras tomadas ya directamente de éste pueden mostrar también considerables diferencias entre si, sin poder deducir por esto que provengan de distintas salmueras, siempre que dichas muestras hayan sido tomadas con una razonable proximidad y cuidando la equivalencia de los niveles.

Aunque en general esta hipótesis que en resumen presupone la formación de los yacimientos y de las lagunas superficiales en distinto momento geológico parece demasiado elaborada, es sin embargo la única que hasta la fecha puede explicar la formación de algunos de estos yacimientos en que no ha sido posible descubrir ninguna otra fuente de procedencia o modo de formación. Además del tipo de yacimiento mixto de que hemos tratado, las salmueras propiamente dichas se dividen en tres clases:

1.—Salmueras superficiales.

Son restos de lagos mucho mayores que han perdido gran parte de sus aguas debido a la evaporación sufrida durante siglos aumentando con ello su contenido en sales que crece proporcionalmente de continuo, pues están todavía en proceso de concentración. La concentración es tan marcada, que en algunos casos como por ejemplo el que presentan los lagos del desierto de Terranech en Egipto, que en los veranos sus aguas se cubren de una costra de 50 cms. de grueso formada por el decahidrato $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 (\text{H}_2\text{O})$. Es la llamada sal soda o natron.

Estas salmueras superficiales pueden dividirse a su vez en dos

subgrupos: El de los lagos que por su extensión fueron casi mares interiores sin afluentes salinos de importancia vg. El Baikal. Y el de los lagos formados por manantiales salinos fuertemente cargados de sólidos en solución.

En los lagos del primer subgrupo su contenido en sólidos proviene de sales disueltas en sus aguas que cubriendo enormes superficies pudieron acumular una cantidad suficiente a dar con la paulatina evaporación las concentraciones que actualmente tienen.

En el segundo caso las sales provienen de los manantiales salinos, generalmente termales, que depositan sus aguas en cuencas cerradas dando la formación a estos depósitos, de estos lagos algunos fueron formados en otra época habiéndose agotado ya los manantiales que los originaron, otros en cambio son formaciones contemporáneas en cuanto a que todavía fluyen los manantiales que los alimentan.

Los lagos del primer grupo son generalmente de tipo tectónico, es decir, sus cuencas son geoclases formadas por hundimientos geológicos, como tipo de ellos tenemos los lagos egipcios, el Baikal, etc.

Los del segundo tipo pueden ser lagos de diversas formaciones según la topografía del terreno.

Para determinar a qué tipo pertenece una salmuera superficial es necesario efectuar un examen detenido del terreno en toda su extensión.

La presencia de una gran cuenca cerrada de formación tectónica en terrenos geológicamente antiguos con rastros de su primitivo nivel muy superior al actual de sus aguas son las características de salmueras superficiales del primer tipo. En ellas como más antiguas las sales de Potasio, como se verá después no se encuentran en sus aguas o están en una proporción mínima.

Las características de las salmueras superficiales del segundo grupo son las de su tamaño generalmente pequeño, su alto contenido en sales (a pesar de no acusar una evaporación tan marcada) proveniente de la ya fuerte concentración de los manantiales que la forman; da una idea de la magnitud de esas concentra-

ciones la de los manantiales de Karlsbad en Bohemia que arrastran al mar en solución 16.970 toneladas anuales de sales sódicas principalmente sulfatos y carbonatos.

La principal determinante del segundo tipo de lagos es la huella de los antiguos afluentes salinos o la presencia misma de los manantiales en las formaciones contemporáneas. Este tipo de formaciones es característico de regiones volcánicas con cuencas cerradas en que la precipitación pluvial es inferior a la evaporación solar.

II.—Salmueras subterráneas.

Son depósitos formados y abastecidos en todos los casos por manantiales salinos más o menos profundos que depositan sus aguas en fosas cerradas de fondo impermeable y como en el caso de las anteriores se encuentran en climas en que la cantidad de lluvia no entorpece su concentración.

Generalmente el fondo de la cuenca corresponde a un menor nivel superficial lo que dará lugar a la formación por las lluvias en los años en que éstas sean abundantes, de lagunas temporáneas que casi siempre llegan a desaparecer en la sequía. Estas aguas como en el caso de los yacimientos mixtos pueden permanecer prácticamente dulces por la misma razón que en el caso de aquellas. Ilustra la diferencia de salinidad el resultado del análisis de una salmuera y de su agua superficial. (Llanos de San Juan, Estado de Puebla).

Grs./Lt.	Salmuera	Laguna
Carbonatos.	7.052	0.608
Cloruros.	8.060	0.245
Sulfatos.	4.006	0.109

III.—Salmueras subterráneas sin agua superficial.

En los casos en que la configuración del terreno no permite la acumulación de aguas superficiales, se formará una salmuera más o menos profunda con una capa de tierra encima y sin lagu-

na exterior. Este último tipo de salmuera presenta el interés de ser muy poco conocida precisamente por no tener caracteres superficiales tan marcados como los casos anteriores.

Es de interés para el descubrimiento y explotación de este tipo de salmueras conocer algunas de sus características superficiales que indiquen la presencia de ellas y la conveniencia de su estudio.

La localización de este tipo de salmuera tiene lugar en terrenos áridos y estériles debido a lo salobre, como en todos los casos anteriores se forman en climas secos y cuencas cerradas que permiten su concentración. Indicación característica de tales formaciones, es que con la escasa humedad proveniente de la condensación nocturna se forma en su superficie a las primeras horas del día, capas de aspecto salitroso, constituidas por un decahidrato que con el calor creciente pierde parte de su agua de cristalización hasta llegar a formar un monohidrato que se presenta como un polvo fino que al ser arrastrado por el viento forma nubes caliginosas características.

Se han localizado salmueras de este tipo entre los Estados de Puebla y Veracruz y una más pequeña entre Texmelúcan, Pue. y Tlaxcala.

En resumen: Los yacimientos salinos que nos ocupan son:

- I.—Mantos cristalinos provenientes de la evaporación total de salmueras muy antiguas.
 - a) —Profundos.—Tipo Green River.
 - b) —Superficiales.—Tipo desiertos de sal.
- II.—Yacimientos mixtos.—Tipo yacimientos siberianos.
 - a) —Con manto de separación estable.
 - b) —Con derrumbes parciales o total.
- III.—Salmueras superficiales.
 - a) —Provenientes de condensación de grandes lagos.—Tipo Baikal y Natron.
 - b) —Formados por manantiales salinos.—Tipo Lago Owens.

IV.—Salmueras subterráneas.

a)—Con laguna exterior.—Tipo Texcoco.

b)—Sin agua superficial.—Tipo yacimientos Totonacos.

En todos los yacimientos la formación de sales en su parte química puede ajustarse a las diferentes hipótesis presentadas en la primera parte de este capítulo y la formación de la salmuera en si puede deberse según se ha visto a muy diversas circunstancias. En cuanto a la concentración sucede una serie de transformaciones químicas en los diferentes componentes de manera que al final se altera la relación primitiva de las sales entre sí, pudiendo incluso algunas de ellas llegar a desaparecer.

Se ha insistido en la relación de las sales de Potasio porque su ausencia o su abundancia sirve aunque no de una manera definitiva para el cálculo de antigüedad de los yacimientos, dato que importa conocer por estimarse que los más antiguos son a su vez los más concentrados y ricos.

Es conocido perfectamente el hecho de que en la absorción presentan las tierras una gran tendencia a absorber las sales potásicas con preferencia a las sodicas calculándose que de las potásicas disueltas por erosión un 97.5% ha sido ya absorbido por las arcillas terrestres y por el limo de los mares. El hecho de esta selectividad se comprueba por la relación que guardan entre sí las sales sódicas y potásicas en las aguas marinas, siendo dicha relación de 28 a 1, estimándose sin embargo que en la composición total de la tierra, sus proporciones son prácticamente iguales: 2.46 por ciento.

IMPORTANCIA DE LOS DEPOSITOS.

Los depósitos naturales más famosos de sales carbonatadas son:

WADY ATRUN, SEMNATRUN Y SULTANI EN EGIPTO.

MAGADY LAKE EN EL AFRICA ORIENTAL INGLESA.

FEZAN LAKE EN LIBIA.

OWENS, SEARLES, ALBERT Y MONO EN AMERICA DEL NORTE.

Teniendo en América del Sur, importantes yacimientos, CHILE y VENEZUELA.

En Europa RUSIA y HUNGRÍA. En el Asia SIBERIA, CHINA, MONGOLIA, ARMENIA y la INDIA.

De los yacimientos de México trataré con detalle en el siguiente capítulo.

A continuación doy los análisis de los principales tipos de carbonatos naturales:

--- Tipo Egipcio (Sultani). ---

Na ₂ CO ₃	42.70%
NaHCO ₃	33.79
NaCl	1.83
Na ₂ SO ₄	1.91
H ₂ O	16.56

--- Tipo Norte Americano (Owens). ---

Na ₂ CO ₃	54.28%
NaHCO ₃	34.74
NaCl	2.58
Na ₂ SO ₄	1.39
SiO ₂	.10
Insoluble	.22
H ₂ O	19.90

--- Tipo Mexicano (Texcoco). ---

Na ₂ CO ₃	(total)	53.78%
NaCl		10.90
Na ₂ SO ₄		7.93
Insoluble		.50
Agua de crist.		26.89



QUIMICA

Los datos estadísticos siguientes nos dan la riqueza e importancia que tienen algunos de dichos yacimientos.

El Magady en el Africa se calcula con unos 20 a 25 millones de toneladas, tan solo de sesquicarbonato sódico siendo probablemente la mayor acumulación de su tipo.

El Egipto tiene una explotación total de 5.700 toneladas por año en carbonatos, Sud-Africa, 4.200; el norte de la India produjo en 1950, 2.400 toneladas de carbonato sódico natural. Faltan datos estadísticos de la producción de China, Mongolia y Siberia. Pero atendiendo a la importancia de sus depósitos se comprende cual podrá ser ésta explotada debidamente.

Sigue en importancia en cuanto a la producción obtenida en dicho año de 1950: Canadá, Australia y Venezuela.

CAPITULO II.

CARBONATO SODICO NATURAL EN MEXICO.

México cuenta con depósitos importantes de sales sódicas, siendo los principales Texcoco en México, Salmueras de Sayula en Jalisco, San Juan, Vicencio y San Andrés en Puebla, Julimes y Santa Rosalia en Chihuahua, La Salada en Zacatecas, Cuitzeo en Michoacán, los yacimientos del desierto de Altar en Sonora y otros poco conocidos como los de la región Totonaca.

No todos los yacimientos presentan la misma composición en sus productos ni la misma relación entre las sales que contienen. A continuación damos la riqueza y composición de las principales sales sódicas en algunos de los yacimientos mexicanos.

	Na_2CO_3 .	NaCl .	Na_2SO_4 .
CUITZEO	3.63	4.83	24.51
SAYULA	17.57	20.90	3.68
TEXCOCO	53.79	10.90	7.93
SAN LUIS	38.53	10.00	18.30
VICENCIO	42.24	18.07	4.64

Reportando la alcalinidad total como carbonato.

Estos yacimientos son de varios tipos, de los cuales tal vez sea el principal el de la salmuera subterránea en su forma menos profunda, vg. Texcoco, en que la capa de tierra superficial que la cubre varía de 20 cm. a 18 metros.

Dicha salmuera está siendo explotada en forma importante desde hace algunos años, surtiendo carbonatos y lejías de sosa a 40 Bé.

Sin embargo la mayoría de nuestros depósitos nacionales, permanecen indebidamente explotados. En la generalidad sólo se benefician pequeñas cantidades de sales sódicas por los naturales de la región, que trabajan sin los elementos y la organización que se requiere para el correcto aprovechamiento de dichos yacimientos.

TEQUESQUITES.

Son los productos cristalizados que se obtienen por diversos métodos más o menos rudimentarios, y sus usos se restringen a los fines domésticos, algo de industria del jabón corriente y del vidrio, y un poco a la minería.

Al variar el método de obtención, se cambia también la composición del producto, y la relación de sus sales entre sí, aunque en general todos los tequesquites son una mezcla de carbonato, bicarbonato sulfato y cloruro sódicos, pudiendo en algunos casos contener algunas otras sales como Borax.

Parte del carbonato se encuentra en el tequesquite formando una sal doble conocida como Trona, (sesquicarbonato sódico) $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot (\text{H}_2\text{O})$, que se forma a la temperatura ambiente a partir de sus componentes y actuando el NaCl como catalizador. Pudiendo además quedar una cantidad libre de carbonato.

En el mercado se encuentran tequesquites en diversas formas físicas, que son determinadas por el método seguido en su obtención, que como ya se dijo influyen también en su composición química; las formas más comunes son: Marqueta, espumilla, tepalcatillo y polvo.

Para obtener la marqueta, perforan en la región de la salmuera pozos que hacen las veces de salinas profundas, por lo que la evaporación es lenta, con la pérdida consiguiente de carbónico, que transforma el bicarbonato en carbonato que con un poco de cloruro, cristaliza en el fondo y en las paredes formando una gruesa costra que constituye la marqueta. Es una de las variedades de mayor pureza.

La espumilla la obtienen por evaporación rápida en salinas superficiales, las soluciones se concentran al sol hasta que empiezan a flotar copos de trona cristalizada, que es recogida en las orillas, esta variedad está constituida casi totalmente por sesquicarbonato, con muy poco cloruro. En una forma parecida obtienen el tepalcatillo, solo que la salina formada por la salmuera, es una capa líquida muy delgada que se evapora y forma unas costuras en la tierra de la que luego se desprenden. Como en este caso han cristalizado todas las sales, la composición es la misma que la de la salmuera. Esta forma contiene casi siempre gran cantidad de tierra como impureza.

El polvo se forma como hemos visto espontáneamente, en las salmueras poco profundas, al perder parte de su agua de cristalización el decahidrato formado al afluir a la superficie por capilaridad el agua de la salmuera.

Los nativos ayudan el proceso regando la superficie con aguas extraídas de la misma salmuera.

CAPITULO III.

ESTUDIO DE UNA SALMUERA.

Generalidades.

Para los fines de una explotación adecuada es imprescindible el estudio de los yacimientos, desde un punto de vista más práctico, sobre el terreno mismo, de tal manera que se pueda saber de antemano con qué clase de material se va a trabajar, cuál es su riqueza y composición para así poder prever las dificultades que se puedan presentar durante el beneficio del mismo, así es básico saber con una seguridad razonable la extensión y el volumen de los yacimientos, es decir la cantidad de materia prima de que se puede disponer, y la cantidad de sal ya elaborada que de esa cantidad pueda extraerse.

La empresa que prescindiera de estos datos esenciales, basándose solamente en la primera apariencia, se arriesga sobremedida a hacer inversiones sumamente costosas que pueden ser inútiles en poco tiempo debido al agotamiento de las materias primas o a su baja concentración que haría incosteable su manipulación.

Para tener los datos que determinen la bondad de un yacimiento es necesario el levantamiento de un plano de sales que abarque toda la región que se intenta conocer.

Las cifras para formar dicho plano se obtienen sobre el terreno por medio de medición, muestreo y análisis variando los métodos según sea el tipo a que pertenezca el yacimiento, vg. en el caso de las salmueras superficiales, que es el más sencillo, el problema se reduce al cálculo del volumen de sus aguas, por la me-

dición de su superficie y profundidad media que se obtiene por un sondeo sistemático, generalmente este sondeo se hace siguiendo una forma de cuadrícula que cubra totalmente el lago a fondoar. Una vez obtenido el volumen de la salmuera se procede al muestreo y análisis de sus aguas. La operación del muestreo se puede realizar junto con la medición de fondos valiéndose de muestreadores-sonda. Los resultados de análisis darán el contenido total de sales.

Mucho más laborioso es el método que se necesita seguir en las salmueras subterráneas más o menos profundas, pues hay que practicar entonces el muestreo y medición por medio de pozos que atraviesen en su totalidad el manto o salmuera para poder determinar el espesor o la profundidad de los mismos, el número de estas perforaciones debe alcanzar a cubrir la totalidad del yacimiento así como a poder determinar con precisión los contornos del mismo, pues puede suceder que debido a la configuración superficial del terreno, los yacimientos se extiendan subterráneamente mucho más de lo que denoten los signos externos. Las mediciones y análisis de dichos pozos darán entonces los datos necesarios al cálculo de la salmuera, que determinará si justifica o no la explotación industrial de la misma.

El mismo procedimiento se sigue en todos los demás casos variando sólo la forma de operar y la herramienta usada para la perforación de los pozos. Esta es casi siempre la misma que se usa en el muestreo geológico de terrenos profundos.

Por la gran ayuda que presta en esta clase de trabajos la herramienta adecuada, describiré una fácilmente portable, de operación manual. En su forma más sencilla es un cortador cilíndrico hueco abierto en sus dos extremos, el borde inferior está cortado a bisel y afilado y de él en sentido longitudinal parten dos ranuras anchas que llegan hasta la parte media del cilindro, frecuentemente un borde de las ranuras, el opuesto a la dirección de corte, se bisela y afila hacia afuera, facilitando con ello grandemente la limpieza del corte. La parte superior del cilindro se une fuertemente al mango de la herramienta, formado por tramos de tubo de hierro de un metro de longitud, en la parte superior de dicho tubo se asegura un mango doble en sentido

perpendicular a aquel, que sirve para hacer girar la herramienta al mismo tiempo que se la obliga a penetrar en la tierra, este mango no es fijo, pudiendo separarse para aumentar otro tramo de tubo al mango por medio de unidores o roscas, con el objeto de poder aumentar tanto cuanto sea necesario la longitud del eje del perforador, siendo así posible alcanzar mayores profundidades; la longitud del cilindro cortador es de unos 40 a 60 cms., y su diámetro interior de 10 a 15 cms., el grueso de sus paredes es de 6 mm. Son construidos de acero de buena calidad y sus aristas de corte están fuertemente templadas.

Con este tipo de cortadores o cucharas se obtienen pozos de corte limpio de 4 a 6 pulgadas de diámetro, pudiendo alcanzar con relativa facilidad, de 4 a 5 metros de profundidad en terrenos normales, lo que resulta en la mayoría de los casos suficiente para alcanzar la capa de sales que nos interesa. Cuando se necesita perforar profundidades mayores. (Y siempre es conveniente hacer por lo menos un pozo profundo) es imprescindible la erección de una torre de perforación.

El trabajo de esta cuchara es en esencia el de una broca hueca que va introduciéndose en el terreno haciéndola girar. Cuando ha penetrado lo suficiente se le saca con el cilindro lleno del material arrancado, lo que permite al mismo tiempo, poder darse cuenta de la constitución de las capas del terreno que se atraviesan, y es muy importante esta observación para poder deducir si ya se llegó a las capas impermeables que forman el fondo de las salmueras y yacimientos. En el cuadro número 4 de este capítulo se dá a conocer el corte de un pozo profundo efectuado en la región de Vicencio, Edo. de Puebla.

Una vez que se termina la perforación de un pozo se procede a limpiarlo una o dos veces, bombeando toda su agua, se deja llenar y reposar durante 24 horas para después tomar la muestra de la salmuera, de no proceder en esta forma se corre peligro de obtener datos que no corresponderán a la realidad.

Es necesario también hacer la medición del espejo inicial, después que el pozo se ha llenado por completo. Esta medición se toma con relación a la superficie la que a su vez se ha medido con relación a un nivel fijo o patrón.

El resultado de la medición de la profundidad del espejo inicial nos dá el nivel freático, y es un dato que determina si todos los pozos son de una misma salinera (pues por vasos comunicantes tendrán el mismo nivel) o si por el contrario, se está perforando sobre bolsones aislados de poco valor industrial por su rápido agotamiento.

La distancia de los pozos entre sí, y su distribución, se necesitan resolver sobre el terreno según la topografía del lugar, sin embargo un promedio de 100 metros entre cada pozo parece ser una medida conveniente a los casos normales, así como la distribución en cuadrícula siempre que las condiciones lo permitan dará un resultado más exacto que si se procede desordenadamente, siendo útil a veces alterar la distancia y el orden para mejor muestrear una zona dada. Determinando la posición de los pozos sobre un plano de terreno y numerándolos en su orden de perforación. Con ese mismo número se etiquetan las muestras correspondientes a los mismos, cerrando inmediatamente los frascos de muestreo para evitar pérdidas de carbónico.



ESTUDIO DE LA REGION "VICENCIO" Y "EL CARMEN".

Generalidades.

En la extremidad oriental del Estado de Tlaxcala (Salitreras del Carmen) hay una zona que corresponde al lecho de un antiguo lago, parte del mismo se extiende hasta Vicencio al internarse en el Estado de Puebla.

Esta zona es la parte central de un extenso valle (aproximadamente 300 kilómetros cuadrados) de cuenca cerrada que antes seguramente constituyó un lago, del que ahora sólo quedan unas pequeñas lagunas en el centro.

Hasta ahora sólo se conocían algunos análisis de la salmuera que brota cuando se perfora un pozo en dicha región. De salmueras que pudieran encontrarse a profundidades de un metro o más no se encontraron datos.

Con el objeto de conocer la distribución y composición de las salmueras, reunir datos para posteriores estudios teóricos acerca de las salmueras alcalinas, y para ver las posibilidades prácticas de explotación de los yacimientos VICENCIO-EL CARMEN, se realizó el siguiente estudio.

I.-SALMUERA: POCO PROFUNDAS.

Se perforaron 5. pozos de 1.80 a 2.00 metros de profundidad, en los lugares que a simple vista parecían más salobres, o que por preferencias proporcionadas por los habitantes del lugar, eran los más apropiados para la producción de tequesquites; también se perforaron zonas donde las aguas dulces que corren abundantemente por la superficie, permiten el crecimiento de pastos y tules.

En el cuadro número 1 se presentan los análisis de las muestras tomadas en los pozos mencionados.

En los primeros doce pozos se han determinado la densidad, la salinidad CO_2 , CO_2H , Cl , SO_4 , expresándose estos últimos en sus correspondientes sales sódicas.

Al estudiar los resultados lo primero que salta a la vista, es que hay una marcada tendencia a aumentar la salinidad hasta el pozo número 8, desde el pozo número 9 el fenómeno es inverso: se observa la gradual disminución de la concentración, hasta alcanzar una densidad (la más baja en esta línea) de 1.001 en el pozo número 22.

La concentración más alta se halla en el pozo número 23 muy cerca del pozo número 8, y siguiendo la línea que va del pozo número 7 al pozo número 29 se observa igualmente, una disminución en la concentración. Parece como si hubiera una zona con salmuera más concentrada, que partiendo del pozo número 8 se dirigiera hacia el pozo número 26, dejando dentro de ella al pozo número 23, influenciando a la salmuera de los lugares adyacentes: Pozos números 27 y 28.

Los pozos número 30 y número 31 se perforaron en un sitio en donde los habitantes aseguraron obtener la mejor "marqueta". Desde luego se nota que el nivel freático es muy alto, el espejo del

agua está prácticamente en la superficie. Al hacer la perforación se observó que a 1.8 metros de profundidad aparecía una capa de arena negra a continuación de bentonita con olor a sulfídrico. Distante 1 metro del número 30 se perforó el número 31 a sólo un metro de profundidad con el objeto de no llegar a la capa de arena antes mencionada. En seguida se bombeó el pozo número 30 el que llega hasta la arena, hasta agotarlo, dejándolo recuperar y bombeando nuevamente hasta que la salmuera salió lo más clara posible. Se dejaron reposar 24 horas y se tomaron las muestras.

Se ve que el pozo menos profundo contiene más CO_3Na_2 y ClNa , en cambio del pozo bombeado es más rico en NaHCO_3 .

El pozo número 32 es el que tuvo el espejo del agua a mayor profundidad: 1.7 m. hecho explicable si se tiene en cuenta que fué perforado en zona alta, muy cercano a tierras laborables de la hacienda de Vicencio; algo semejante ocurre con los pozos números 45, 46, 47 y 48 en que la salinidad es algo baja y el nive freático profundo.

Todos los demás pozos solo indican que la salinidad es algo baja (no alcanzan 5000 ppm.) a excepción hecha de los pozos número 52 y número 53, que quedan en la zona aquella de que ya se habló, y que comprende a los pozos números 26, 23, 28 y 7. (Véase el plano esquemático).

En el cuadro número 2 se anotan los resultados que bien pueden constituir la composición general de esta salmuera. Como la salinidad se ha determinado evaporando a sequedad un determinado volumen de salmuera, la sal pesada no contiene bicarbonato, luego la alcalinidad total como Na_2CO_3 puede expresarse en % de la salinidad.

De aquí resulta un 70% para Na_2CO_3 , 15% para NaCl . El Na_2SO_4 cambia mucho y la diferencia que contiene el Potasio y la sílice, presenta también bruscas variaciones.

II.—SALMUERAS PROFUNDAS.

En la zona de mayor concentración se perforó un pozo de 20 metros de profundidad.

El corte que muestra las diferentes capas que se fueron encontrando está en el cuadro número 4.

Los primeros 4 metros se perforaron con cuchara de 6", su nivel freático fué de 130 cms. es más profundo que el nivel que le corresponde a esa posición pues de propósito se perforó sobre un montículo.

Los análisis de las diferentes muestras de agua tomadas a distintas profundidades están en el cuadro número 3.

 CUADRO NUMERO 1.

Pozo	Nivel freático Cms.	Densidad $d_{20} = (D-1)$ $\times 1000$	Salinidad ppm. Sólidos	Alcalinidad Na_2CO_3 ppm.
1	20	2.32	2412	1770.2
2	35	4.02	4128	2798.4
3	35	3.25	3224	2575.8
4	30	6.41	6620	4452.0
5	10	3.49	3590	2623.5
6	23	4.11	4070	2915.0
7	50	7.06	7060	5008.5
8	28	7.93	7860	5353.0
9	30	2.99	2584	1865.6
10	21	2.32	1928	1378.0
11	28	1.80	1400	1219.0
12	28	3.45	3296	2553.2
13	18	2.70	2468	1992.8
14	15	2.39	2208	1685.4
15	40	3.45	3292	2522.8
16	40	1.92	1848	1558.2
17	3	2.07	1888	1505.2

18	30	2.05	1920	1558.2
19	15	2.37	1776	1480.0
20	30	2.05	1508	1282.6
21	15	1.59	1036	869.2
22	5	1.43	1384	1060.0
23	35	11.19	11180	7579.0
24	45	4.50	5312	3943.2
25	10	5.43	5312	3943.2
26	15	2.37	1667	1390.0
27	23	4.51	4250	3112.5
28	35	3.45	3296	2350.1
29	30	3.40	3076	1970.5
30	1	2.70	2465	1872.0
31	1	2.59	2455	1869.7
32	171	2.23	1847	1556.5
33	15	2.74	1003	630.0
34	20	2.05	1922	1550.0
35	18	1.92	1849	1540.7
36	21	2.07	1789	1474.5
37	35	2.05	1500	972.0
38	30	2.07	1608	1283.7
39	40	1.92	1468	1119.8
40	56	2.00	1903	1332.0
41	89	2.74	2208	1669.0
42	58	1.24	864	530.0
43	6	3.80	3610	2650.0
44	69	1.63	1848	1124.4
45	125	2.23	2207	1510.0
46	48	.71	622	450.0
47	53	.49	459	278.2
48	83	2.11	1928	1576.0
49	83	3.28	3225	2885.8
50	96	1.84	1403	1206.8
51	37	5.21	4256	3498.0
52	37	5.21	4300	3407.9
53	31	8.36	7804	4022.0

CUADRO NUMERO 1.

— 2a. Parte. —

Pozo	Na ₂ CO ₃	NaHCO ₃ ppm.	NaCl ppm.	Na ₂ SO ₄ ppm.
1	332.8	2278.0	386.1	60.5
2	453.6	3716.0	774.4	293.8
3	392.2	3460.8	356.8	149.3
4	710.0	5930.0	1088.0	807.5
5	487.5	3385.0	427.0	321.5
6	461.0	3889.0	380.2	364.2
7	1574.0	5443.0	1090.0	762.7
8	1929.0	5426.0	1158.4	844.0
9	343.4	2412.4	418.3	155.4
10	322.2	1673.2	324.7	75.1
11	195.0	1622.8	84.9	6.5
12	347.6	3178.4	532.4	86.0
13	453.6	2439.4	219.4	—
14	382.6	2064.8	277.9	—
15	709.2	2874.4	465.1	—
16	330.8	1945.4	125.8	—
17	321.2	1876.6	172.6	—
18	185.4	2176.5	155.0	—
19	331.8	1826.2	38.0	—
20	341.4	1491.8	84.8	—
21	99.6	1219.6	38.0	—
22	204.6	1355.8	96.5	—
23	1442.0	9727.0	2117.6	—
24	1498.8	2731.6	637.6	—
25	1725.6	3514.4	778.0	—

CUADRO NUMERO 2.

COMPOSICION GENERAL DE LAS SALMUERAS
DE LA ZONA "VICENCIO", PUE. — "EL CARMEN", TLAX.

Pozo	Salinidad ppm.	Suma CO ₃ , Cl-SO ₄ ppm. (1)	Dif. ppm.	Alc. total Na ₂ CO ₃ %	NaCl %	Na ₂ SO ₄ %
1	2412	2217.1	194.9	73.39	16.01	8.09
2	4128	3866.6	261.4	67.79	18.02	7.12
3	3224	3081.9	142.1	79.89	11.07	4.63
4	6620	6347.5	272.5	67.25	16.44	12.19
5	3590	3272.0	218.0	73.08	11.89	8.96
6	4070	3659.4	410.6	71.62	9.34	8.95
7	7060	6864.2	195.8	70.94	15.50	10.80
8	7680	7355.4	324.6	69.70	15.08	11.00
9	2584	2439.3	144.7	72.20	16.19	6.01
10	1928	1777.8	150.2	71.48	16.84	3.90
11	1400	1310.3	89.7	87.10	6.06	.45
12	3296	2971.6	324.4	71.40	16.15	2.61

(1)—En las correspondientes sales sódicas.

CUADRO NUMERO 3.

Análisis de muestras tomadas a diferentes profundidades en el pozo de 20 metros de profundidad, perforado en la Salmuera del Carmen, Edo. de Tlaxcala.

Profundidad	Densidad	Na ₂ CO ₃ ppm. Alc. tot. Como	NaHCO ₃ ppm.	NaCl ppm.
4 m.	1.00290	1601.6	2462.8	321.8
10.5 m.	1.00181	999.6	1579.2	87.8
11.0 m.	1.00174	967.8	1545.6	76.0
15.0 m.	1.00141	892.6	1411.2	41.0

CUADRO NUMERO 4.

Corte de un pozo de 20 metros de profundidad, perforado en la Salmuera "El Carmen", Tlax.

— CORTE DEL POZO. —

Núm.	C A P A	Parcial	Total
1.	ARENA, negra fina	1.0	1.0
2.	BENTONITA BLANCA, pegajosa	2.5	3.5
3.	BENTONITA BLANCA, con arena	0.2	3.7
4.	BENTONITA BLANCA	3.8	7.5
5.	BENTONITA BLANCA, seca, llena de raíces rojas, presenta pequeños orificios, al partir de este punto se observan huellas y desprendimiento de gases (Metano-Anhidrido carbónico)	3.0	10.5
6.	ARENA BLANCA con CaCO ₃ . Continúa el desprendimiento de gases	6.5	17.0
7.	BENTONITA CAFE, frágil	1.0	18.0
8.	ARENA BLANCA	(?)	20.0

DATOS PARA EL LEVANTAMIENTO DEL PLANO
DE LA REGION "VICENCIO" "EL CARMEN".

- 1—Pozo número 1, distante del borde de la laguna : 100 m.
- 2—Orientación del bordo a cuya márgen fueron perforados los pozos 1 al 22, NW 78°.
- 3—Distancia entre los pozos 1 al 22 de 100 m. cada uno.
- 4—Distancia del pozo número 7 a pozo de 20 M., 800 m.
- 5—Pozos números 23 y 24 a 250 m. y 500 m. del pozo No. 7.
- 6—Orientación del borde que separa "Vicencio" y "El Carmen" NW 78°.
- 7—Orientación del bordo que separa Zacatepec-"El Carmen": NE 17°.
- 8—Distancia del pozo número 51, 1150 m. del pozo número 22.
- 9—Hacia el E. del pozo número 51, a 400 M. el número 52 y a 700 m. el número 53.
- 10—Hacia el S. del pozo número 51, cada 200 m. los pozos números 50, 49, 48, 44, y 43.
- 11—Al E. del número 43, a 125 m. el número 42, y a 325 m. el pozo número 41.
- 12—Al W. del pozo número 44, a 200 m. el número 45 y a 170 m. del 45, el número 46 hacia el S.
- 13—Sobre la línea SW 33° desde el pozo 46, y a 750 m. el pozo número 32, y en la misma línea a 150 m. el número 47.
- 14—Distancia entre los pozos números 33, 34, 35 y 36, 200 m. e. c/u
- 15—Pozos números 37, 38, 39, 40, así como los números 30; 31; 28 y 29 en agrupaciones al azar.

CUADRO NUMERO 5.

RESULTADOS PROMEDIOS DEL MUESTREO DE LA REGION
"VICENCIO"-"EL CARMEN".

PROMEDIO EN PPM.

Salinidad total	Alc. Total Na_2CO_3	Na_2CO_3	NaHCO_3	NaCl	Na_2SO_4
4329.6	3195.9	659.0	3661.3	640.4	380.0

PROMEDIO EN %.

Alc. total como Na_2CO_3	NaCl	Na_2SO_4
71.74	14.63	8.16

POTENCIALIDAD DE LA SALMUERA.

Los resultados anteriores corresponden a solo una pequeña parte de la salmuera total, la sur-occidental. Como se dijo en este capitulo, para poder dar con precisión la cantidad de salmuera que pueda beneficiarse, y el total de sales de ella obtenido, es necesario el muestreo total del yacimiento.

El trabajo realizado se concretó por diversos factores a solo la región "Vicencio"-"El Carmen", y como se dijo uno de sus fines era ver si ofrecia posibilidades de explotación en gran escala que justificaran el muestreo y estudio de todo el yacimiento.

El resultado de trabajos similares efectuados en las diversas fincas que cubren el valle del yacimiento (Zacatepec, La Concepción, etc.) dará datos totales de la cantidad y riqueza de éste.

Sin embargo, sondeos varios efectuados en toda la región, permiten junto con los datos del trabajo de "Vicencio", tener una idea bastante aproximada de la potencialidad y riqueza de la salmuera.

Estos sondeos encierran al yacimiento en basto polígono irregular con una superficie aproximada de 210 kilómetros cuadrados, con una profundidad media de la capa de sales de 1.20 a 1.80 m. por lo tanto se contaría con un total aproximado de entre 200-250 millones de metros cúbicos de salmuera. Y suponiendo que aún siendo como ya se dijo de una salinidad relativamente baja, y su composición media constante (4329.6 ppm. en salinidad total) darían una reserva en términos conservadores de 900.000 a 1,000.000 de toneladas de sales totales a beneficiar. Correspondiendo un 70% de dicha cantidad al Na_2CO_3 .

Favoreciendo la posibilidad de explotación en gran escala, la facilidad de transporte de los productos que representa el paso del Ferrocarril Interoceánico en el límite del nacimiento, en su parte oriental, con dos estaciones de carga en el lugar mismo. (Ver mapa).

Además la presencia de grandes mantos calizos (CaCO_3) que rodea toda la región, permite tener material en abundancia para el beneficio de las sales como se verá más adelante.

CAPITULO IV.

BENEFICIO DE LOS YACIMIENTOS.

En el beneficio de los yacimientos salinos se pueden presentar dos casos, según se trabaje con salmueras o bien con sales en estado sólido.

Cuando se trabaja con soluciones el primer paso consiste en enriquecer su contenido de sales a un máximo posible. Para ello en los lugares en que el combustible es extraordinariamente barato, se emplean grandes evaporadores al vacío, pero en México no resulta un sistema utilizable debido a su alto costo.

Además como se dijo las salmueras siempre se forman en climas secos en que la precipitación pluvial es muy inferior a la evaporación solar por lo tanto lo mejor es aprovechar ésta para concentrar la salmuera en salinas de gran superficie.

En el valle de México tenemos por ejemplo el caso de Texcoco en que el promedio de precipitación pluvial es de 68 cm. y la evaporación solar es de 198 cm. lo que deja un margen útil de 130 cm. anuales, suficientes para evaporar unos 10 millones de metros cúbicos en las salinas espirales que la Secretaria de Agricultura ha construido; dichas salinas cubren una superficie aproximada de 820 hectáreas.

La salmuera se bombea a la primera espira y va fluyendo por gravedad hacia el centro, tardando un año en completar todo el recorrido. Concentrando la salmuera de 8 gms./lt. a 115 gms./lt., c sea 14 veces la concentración inicial.

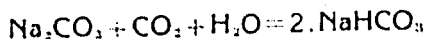
Teniendo la salmuera saturada se puede proceder de diversas maneras a la precipitación y separación de sus sales, dependiendo el método elegido de la presencia, mayor o menor riqueza de algunas (vg. el bórax), y de la demanda y precio en cada caso particular (vg. el NaCl en México).

En México debido a circunstancias especiales, como la baja concentración de las otras sales que acompañan al carbonato sódico; el fuerte consumo que de éste se hace, y a la cantidad que del mismo se importa, (sobre 23-24.000 toneladas anuales) es costeable la explotación del carbonato sódico natural aún cuando no se beneficien las otras sales presentes en nuestros depósitos nacionales.

Sin embargo con los métodos que damos a continuación se pueden obtener, el carbonato y bicarbonato solos, pudiéndose continuar el proceso para beneficiar las otras sales en el caso que así convenga.

METODO DE CARBONATACION.

Consiste en hacer circular en una torre de carbonatación CO_2 en la salmuera, hasta transformar todo el carbonato en bicarbonato:



que al ser tan poco soluble, precipita separándose del sistema por centrifugación.

El CO_2 necesario se obtiene por calcinación de calizas (CaCO_3) quedando como residuo CaO .

Una vez separado el bicarbonato se procede a calcinarlo en hornos para regenerar el carbonato, que se pulveriza y envasa. Obteniéndose por este método un producto de gran pureza, pues solo arrastrar un poco de NaCl , siendo un método de gran rendimiento.

Además puede no regenerarse todo el bicarbonato, vendiéndose éste como tal, ya que empieza a tener demanda y que el obtenido por este método es de una muy buena calidad industrial.

Queda entonces en solución, en nuestro caso, sulfato y cloruro sódicos, en los casos en que es necesario separar estos, se

puede proceder a una cristalización fraccionada, abatiendo la temperatura a 2°-4° C. con lo que se separará la mayor parte del sulfato ya que el NaCl permanece en el mismo grado de solubilidad entre 0° y 40° (26.3%). La cristalización del cloruro se podrá efectuar entonces en salmueras comunes.

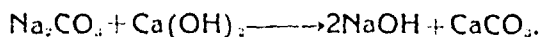
El sulfato sódico que cristaliza con 10 mol. de agua, se puede calcinar para obtener el producto anhidro, que se paga mucho mejor en el mercado.

Otro método usado en algunos yacimientos de E. U. A. (Searles Lake) consiste en someter a la salmuera ya concentrada, a una cristalización fraccionada por refrigeración. La primera sal que se cristaliza es el carbonato sódico con 10 mol. de agua (ya que cristaliza de sus soluciones saturadas, por debajo de 30° C.) Continuando la cristalización para separar el Bórax, el sulfato y el cloruro. En el caso de Searles se pueden beneficiar estas sales comercialmente debido a su alta concentración en las aguas de dicho lago.

En el caso especial de "Vicencio", y en general en los demás yacimientos mexicanos, es más conveniente el método de carbonatación ya que como hemos dicho, el carbonato y el bicarbonato son las sales que más interesan, además la gran abundancia de calizas (CaCO₃) en todo el país facilita grandemente el método. Hay que considerar además su economía pues en la primera fase queda otro producto comercial, la cal de construcción (CaO) cuya venta cubre el gasto del combustible, pues de hecho su obtención ordinaria es a partir de la calcinación del carbonato de cal.

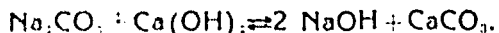
Esta misma cal convertida en hidróxido (Ca(OH)₂) haría posible la caustificación de parte del carbonato sódico obtenido, pudiendo así surtir a la industria de lejías de sosa cáustica.

La reacción que se verifica en la caustificación del carbonato de sodio con el hidróxido de calcio es ampliamente conocida:



La reacción se funda en la pequeña solubilidad del producto de los iones $\text{Ca}^{++} \text{CO}_3^{--}$ causando la formación del carbonato de calcio sólido que es eliminado de la solución. Co-

mo la sosa cáustica y el carbonato de sodio son muy solubles, la reacción depende únicamente de la diferencia de solubilidad del carbonato de calcio y del hidróxido de calcio en la solución. Conforme va avanzando la reacción, la concentración de los iones (OH⁻) va aumentando y al aumentar estos en la solución, por el efecto del ion común, gradualmente va disminuyendo la solubilidad del hidróxido de calcio, estableciéndose por lo tanto al final de la reacción el equilibrio expresado en la siguiente ecuación:



por esta razón la conversión de carbonato de sodio a sosa cáustica no se puede llevar hasta el 100% de rendimiento.

En los casos en que se trabaje con sólidos (Tequesquites) la operación de beneficio de las sales se reduce a efectuar una disolución lo más concentrada posible, que se trata como las salmueras naturales en los casos anteriores.

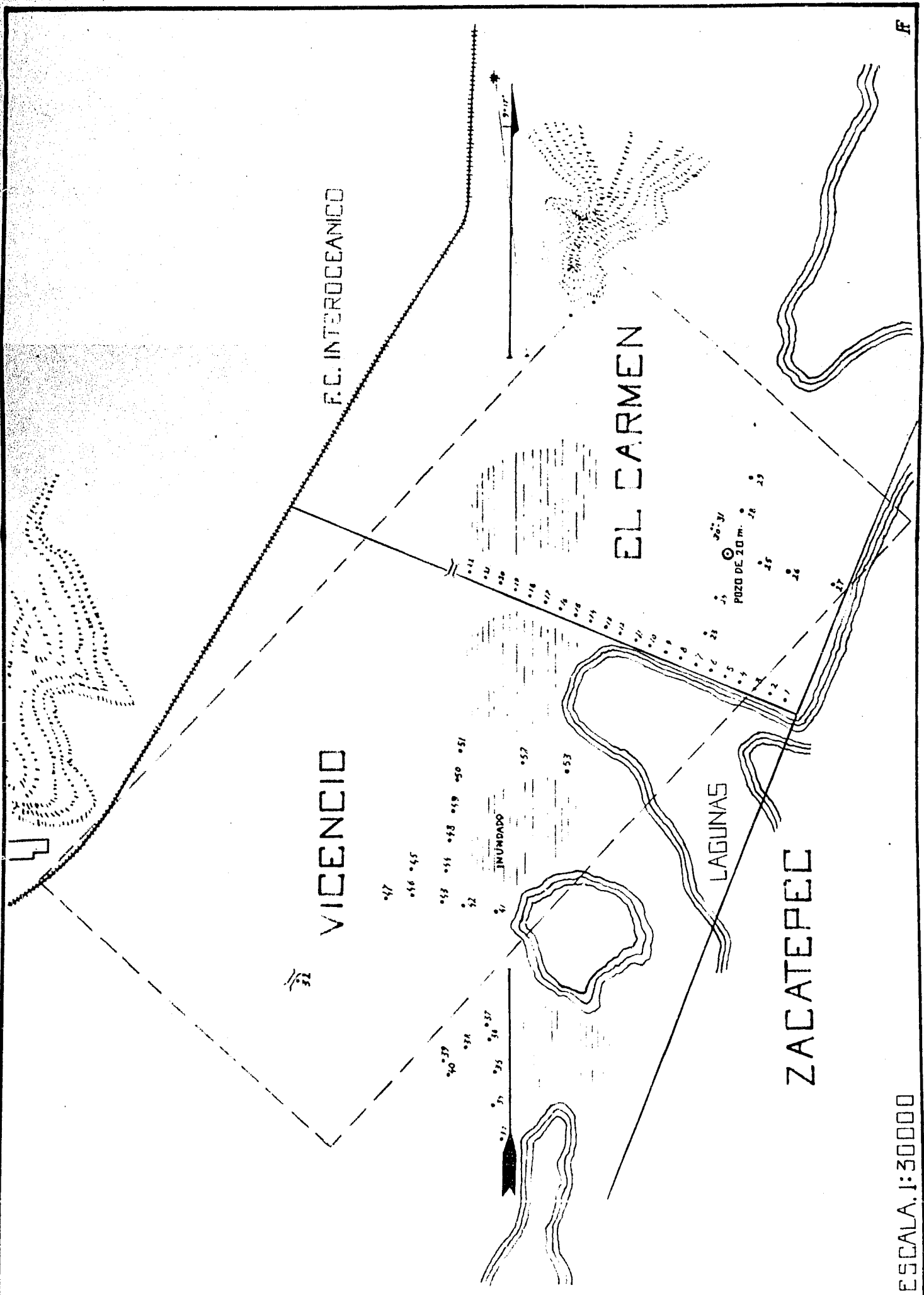
CONCLUSIONES.

Debido al gran consumo de carbonato sódico que se hace, y que tiende a aumentar con el desenvolvimiento industrial del País, y al elevado porcentaje de importación de dicho producto, se hace necesario:

- I.—La exploración de nuestro suelo para el descubrimiento de nuevos yacimientos. El estudio sistemático por el método de sondeo y análisis de los ya conocidos para su valoración y correcta explotación.
- II.—El beneficio en escala industrial de los que justifiquen la inversión.
- III.—En el caso de "Vicencio" es posible el beneficio de sus sales dado que la potencialidad de sus salmueras las hace industrializables, contando además con buenas vías de comunicación.
- IV.—El método más adecuado sería: La concentración solar de su salmuera en salinas similares a las de Texcoco, ya que las condiciones climatéricas son iguales. Siguiendo el procedimiento de carbonatación para la separación de sus sales porque permite obtener los dos productos principales, (carbonato y bicarbonato) con buen rendimiento, facilitando además el proceso de caustificación para obtener al mismo tiempo lejías de sosa cáustica. Por la pureza de los productos obtenidos por este método. Y por la abundancia de calizas en el yacimiento mismo, además queda un sub-producto comercial, la cal, (CaO) lo que redundará favorablemente en la economía del método.

BIBLIOGRAFIA.

- (1)—Robertson G. R.—California desert soda. Ind. Eng. Chem. 1931.
- (2)—Lester W. S.—Geochemical data on Saratoga mineral waters. AM. J. Sci.—1941.
- (3)—Teeple E. J.—The industrial development of Searles Lake. Reinhold Publishing Corp.—1929.
- (4)—E. Hernández F.—Geología Tectónica y Fisiografía. Tercera edición.—Barcelona.
- (5)—Thorpe.—Enciclopedia de Química Industrial.—Barcelona.



F.C. INTEROCEANICO

VICENCIO

EL CARMEN

LAGUNAS

ZACATEPEC

POZO DE 20 m.

ESCALA. 1:30000

R