

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO
DIRECTOR: EZEQUIEL ORDOÑEZ

ANALES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO
DE MEXICO

NUMERO 2

LAS SALINAS DE MEXICO
Y LA
INDUSTRIA DE LA SAL COMUN
POR
JOSE C. ZARATE



MEXICO .
DEPARTAMENTO DE TALLERES GRAFICOS DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
1: CALLE DE FILOMENO MATA NUM. 8.

1917



INDICE

	Páginas
<i>Introducción</i>	3
PARTE I	
<i>Historia</i>	5
<i>La sal y las otras substancias con que se encuentra asociada</i>	8
Propiedades físicas y químicas.....	8
Examen rápido de la sal.....	9
Minerales asociados.....	10
<i>Condiciones de yacimiento y concentración de los depósitos salinos</i>	10
Sal de roca o sal gema.....	10
Sal de origen volcánico.....	11
Sal de tierra, de estepas o de arenales.....	11
Salmueras naturales.....	11
<i>Teorías sobre el origen de la sal</i>	12
Teoría volcánica.....	13
Teoría de la evaporación.....	13
Teoría del domo (debida a Harris).....	14
Salmueras naturales.....	14
<i>Génesis de la sal en México</i>	15
<i>Distribución geográfica de las salinas de México</i>	18
PARTE II	
<i>La industria de la sal común</i>	43
Sal de roca o sal gema.....	44
Minas y canteras.....	44
Salmueras artificiales.....	45
<i>Concentración de las soluciones débiles de sal</i>	45
<i>Métodos de concentración</i>	45
Concentración solar.....	45
Concentración por medio del viento o concentración gradual.....	46
Concentración por medio del descenso en la temperatura o método de congelación.....	46
<i>Métodos de evaporación</i>	47
<i>Evaporación solar o natural</i>	47
Observaciones importantes relacionadas con el método de la elaboración de la sal común, por medio de la evaporación solar.....	50
<i>Evaporación artificial</i>	52
Evaporación a fuego directo.....	52
Evaporación por medio del vapor. (Sistema "Grainer").....	53
Evaporación al vacío.....	53
<i>Preparación de la sal para el mercado</i>	53
Molinos de sal.....	53
<i>Clasificación comercial de la sal común</i>	54
<i>Usos generales de la sal común</i>	55
<i>Industrias químicas derivadas de la sal común</i>	56
Bicarbonato y carbonato de sodio. (Procedimiento "Solvay").....	56
Sulfato de sodio.....	57
Acido clorhídrico.....	58

	Páginas
Sosa cáustica.....	58
Sodio metálico.....	58
Cloro.....	58
Cloruro de cal.....	58
Sulfito e Hiposulfito de sodio.....	59
<i>Extracción del iodo y del bromo.....</i>	<i>59</i>
<i>Acción fisiológica del cloruro de sodio.....</i>	<i>60</i>
<i>Acción antiséptica de la sal común.....</i>	<i>60</i>
<i>Acción tóxica de la sal común.....</i>	<i>61</i>

PARTE III

<i>Análisis de algunas aguas saladas contenidas en las lagunas interiores de México.....</i>	<i>63</i>
<i>Análisis de las principales sales mexicanas.....</i>	<i>63</i>
<i>Principales países productores de sal común.....</i>	<i>66</i>
<i>Datos estadísticos sobre producción, importación y exportación de la sal común en México.....</i>	<i>67</i>
<i>Bibliografía nacional.....</i>	<i>68</i>
<i>Bibliografía extranjera. (En orden alfabético).....</i>	<i>68</i>



INTRODUCCION.

La Dirección del Instituto Geológico Nacional, con el interés de dar a conocer y fomentar la explotación de los recursos minerales, considerados hasta ahora en México como de valor industrial secundario, tales como la sal común, las arcillas y kaolines, los tripolis, las cuarzitas, las cales y cementos, los yesos, los fosfatos y nitratos minerales, etc., etc., y que debidamente desarrollados llegarán a constituir en nuestro país fuentes de riqueza pública y serán la base de un gran desenvolvimiento industrial; se sirvió encomendarme la formación de estas notas relativas a las Salinas de México y a las otras diversas industrias en que la sal entra como materia prima.

La falta casi completa de literatura nacional sobre la sal en México y la imposibilidad de visitar en las actuales circunstancias las regiones salinas principales del país, han dificultado mucho la preparación del presente estudio. Además, cierta indiferencia del público y a veces la resistencia de algunos de los productores a suministrar datos industriales y económicos, han dificultado la presentación de un trabajo más completo.

Las salinas de México, desde cualquier punto de vista que se les considere, ofrecen excelentes oportunidades para su explotación. 1.º—Por las favorables condiciones topográficas, físicas y climatológicas propias de las regiones donde se forman o existen yacimientos de sal. 2.º—Por las considerables cantidades de

sal que pueden obtenerse. 3.º—Por su buena calidad. 4.º—Por la economía y sencillez de los procedimientos de extracción. 5.º—Por las facilidades de transporte, elementos de trabajo y para la vida, en los lugares de producción. 6.º—Porque siempre se encontrará fácil mercado, cualquiera que sea el monto de producción.

En México no son todavía bien conocidos los yacimientos de sal gema, pues no han sido hechas las necesarias exploraciones que justifiquen la existencia de grandes depósitos de esta clase.

Los grandes recursos de sal en este país, provienen directamente de la evaporación de las aguas del mar en nuestras costas, de las aguas freáticas más o menos saturadas de sal y de las contenidas en las lagunas saladas que existen en muchos sitios del interior de México.

Si se toman en cuenta las grandes facilidades que en México tiene la explotación de las salinas y la capacidad industrial de que son susceptibles, la industria de la sal podría alcanzar un gran incremento, máxime si se atiende a que su explotación no solamente da lugar a satisfacer el mercado de este producto para el consumo doméstico, sino que permite también explotar otras sales solubles que siempre acompañan al cloruro de sodio, así como la fabricación de muchos productos químicos, en que la sal sirve de intermediaria o de materia prima. En efecto, muchas sales derivadas

pueden obtenerse de la sal común, con lo que la industria química en México recibiría un gran impulso.

En los países más adelantados productores de sal común, haciendo uso de esta substancia, fabrican en gran escala: (1) carbonato, bicarbonato, cromato, bicromato y sulfato de sodio, sosa cáustica, sodio metálico, cianuro y peróxido de sodio, (2) cloruro e hipoclorito de calcio, cloro y ácido clorhídrico, etc., etc.

Por otra parte, satisfecho ampliamente

el mercado de sal común en el país, el excedente podría exportarse a otros en condiciones favorables de competencia, no solamente por el reducido costo de producción de nuestra sal, sino también por la proximidad y fácil comunicación marítima con países que, como Cuba (1) Guatemala, (2) (que importan grandes cantidades de sal), etc., pudieran llegar a ser nuestros consumidores.

México, D. F., enero de 1917.

(1) Véase la parte de este trabajo relativa a "Industrias Químicas, en que la sal entra como materia prima."

(2) En los Estados Unidos, Francia, Alemania e Inglaterra, se producen anualmente unas 5,000 toneladas de sodio metálico derivado de la sal común, de las cuales 2,000 toneladas se emplean en la industria del cianuro y otro tanto para la fabricación del peróxido de sodio.

(1) Cuba importa de España la mayor parte de la sal que necesita para completar las necesidades de su consumo.

(2) La sal que importa Guatemala procede principalmente de Nicaragua, Perú, Estados Unidos e Inglaterra.

En 1904, Guatemala importó 3,000 toneladas métricas de sal común.



PARTE I

HISTORIA

Por su importantísima acción fisiológica en la alimentación y en el organismo, su papel como antiséptico en la conservación de la carne y el sabor agradable y particular que da a los alimentos, el cloruro de sodio (sal común) es una de las substancias indispensable a las necesidades del hombre y de los animales (que por instinto la han buscado y consumido, desde su aparición sobre la tierra). Su uso, en consecuencia, es verdaderamente universal y se remonta a los primeros tiempos de la humanidad. (1)

Homero habla ya de ella y la llama "divina." Aristóteles refiere que los antiguos extraían una especie de sal de las cenizas de algunas plantas salinas y Tácito relata que los pueblos primitivos (los antiguos germanos, por ejemplo) la preparaban vertiendo sobre la leña encendida el agua de una fuente salobre. (2)

En los antiguos escritos de los Romanos, se lee que muchas guerras tuvieron lugar entre las primeras tribus europeas por la posesión de manantiales o criade-

ros de sal, ubicados cerca de las fronteras de sus respectivos países.

La historia del antiguo Egipto nos da a saber, que sus sacerdotes, sugestionados por su extremo fanatismo y creyendo, con tal abstinencia agradar a sus Dioses, excluían la sal en sus alimentos; lo cual desde luego nos demuestra que su común empleo, era ya acostumbrado entre los Egipcios.

De los pueblos más primitivos del Oriente, China ocupó siempre preferente lugar por la importancia que desde remotísimos tiempos tuvo en ella la industria de la sal, cuya enseñanza se extendió a otras regiones del Asia (principalmente a las Islas Filipinas, donde hasta la fecha los procedimientos de extracción y elaboración de la sal son idénticos a los empleados en aquel país). (1) El impuesto a la producción de sal se estableció por el Gobierno chino desde 700 años antes de la Era Cristiana y al presente este impuesto sirve de garantía, a los principales empréstitos que China ha contratado en el extranjero.

Italia en Europa, fué la cuna de la industria de la sal. En Roma, 600 años A. de J., se obtuvo la sal común, haciendo conducir el agua del mar a depósitos cerrados y evaporándola hasta la cristalización de la sal. Después, siguiendo el

(1) La sal común tiene tal estimación tanto en los pueblos civilizados como en los salvajes, que en algunas partes del Africa Central privadas de este precioso elemento, llega hasta usársele como moneda.

(2) Más recientemente, en 1800, Humboldt observó al hacer la navegación del Orinoco, del Cusiquiare y del Río Negro, que muchas tribus de indios empleaban en lugar de sal, cenizas de plantas acuáticas, que según expresa el mencionado sabio "sólo produce una sal y potasa cáustica."

(1) Far East Review (1912), 9, 295.

nismo procedimiento, otras muchas salinas se establecieron y ya desde entonces la industria de la sal tenía grande importancia en el mundo.

Una reliquia histórica interesante que comprueba lo anterior es la "Vía Salaría" (camino salado) uno de los primeros caminos construídos por los Romanos para facilitar el comercio de la sal. (1) Las raciones militares consistían en los primeros tiempos de Roma, en pan y sal; de aquí la palabra "salario," que se aplicaba para designar el sueldo de la tropa.

Plinio en su historia natural habla ya extensamente de la sal común y de los métodos de extracción y elaboración.

Las pintorescas y considerables minas de sal gema de Wieliczka en Galicia (Austria Hungría) se explotan desde el año de 1251 de nuestra Era.

La palabra sal viene del griego *als* (als), que significa grano de sal. Con este nombre designaban los antiguos a todos los cuerpos que, como la sal marina, poseían las dos cualidades dominantes, es decir: sabor y solubilidad.

Los Alquimistas, que la llamaban salis-alkali, la extraían de ciertas yerbas que crecían en las salinas.

Hasta principios del siglo XVIII, los álcalis sólo se encontraban en el comercio, en la forma de potasa o cenizas de plantas terrestres; de sosa o cenizas de plantas marinas y de *natron* o sosa natural. Durante muchísimo tiempo, no se hizo ninguna distinción química entre la potasa y la sosa; hasta que Duhamel en 1736 dió a conocer por primera vez la diferencia que existe entre ambas sales y después, en 1746, Brandt emprendió trabajos en igual sentido.

Los antiguos mexicanos (que, como to-

dos los pueblos de la tierra en todas las edades) ya conocían y hacían uso de la sal, la llamaban *ixtatl* y es probable que la empleaban tanto para usos domésticos y medicinales, como para el vidriado de sus utensilios hechos de arcilla y para la conservación de las pieles que formaban parte de su indumentaria.

La abundancia del nombre Ixtapan (que en lengua nahuatl quiere decir salinas, de *Ixtatl*, sal, y *pan*, en) para designar los lugares salinos o salitrosos del país que fueron habitados por los indios; así como encontrarse en nuestra nomenclatura geográfica muchos nombres que llevan el prefijo *Ixt*, sirve de abundamiento a la seguridad que tenemos, respecto a que la sal era ya conocida y muy usada por los primeros aborígenes del Anáhuac.

Las noticias ciertas que se tienen sobre las salinas de México se remontan a los primeros tiempos de la Dominación Española. El Gobierno virreinal conservó siempre el monopolio de la sal en la Nueva España. A este propósito interesa transcribir la descripción hecha por el Ilustre señor Antonio de Leyva, Alcalde Mayor por S. M., del Pueblo de Ameca, en el año de 1579, en contestación al capítulo relativo a salinas que en su ortografía original es como sigue: "30—Si hay salinas en el dicho pueblo, o cerca del, o de donde se proueen de sal, y de todas las otras cosas de que tuieren falta para el mantenimiento o el vestido." A lo que con fecha 2 de octubre de 1579 se contestó: "30—A los treinta capítulos se responde que no hay en este pueblo salinas, y la sal que gastan la traen de 30 leguas de aquí, de las salinas de S. M. que están en la Villa de Purificación, que mercaderes traen a vender; y ésto se responde." (1)

(1) Bull. La. Geol. Surv. (1907), 7, 168.

(1) Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística, 2ª Epoca. T. II, 1870, pág. 453.

Gamboa nos da a saber que de conformidad con lo dispuesto por las ordenanzas de 13 de marzo de 1606, la sal, el azogue y el maíz, se repartían a los mineros por cuenta del Rey a fin de proveer a su alimentación y darles elementos para el beneficio de sus metales.

Las famosas salinas del Peñón Blanco en San Luis Potosí, según noticias que de las obras de don Lucas Alamán tomó el señor Ingeniero don Santiago Ramírez ("Riqueza Minera de México"), son conocidas desde el siglo XVII, aunque hay datos por otra parte que comprueban que los indios la extraían de la capa superior del suelo salino de esta región, desde su aparición en el suelo mexicano. El décimo quinto Virrey de la Nueva España, Marqués de Cerralvo (que gobernó desde fines de noviembre de 1624 hasta septiembre de 1635), arrendó estas salinas en más de setenta mil pesos anuales. En 1792 el Gobierno español, con el objeto de aprovecharse de sus productos, empezó a explotarlas. Conservó desde entonces el Gobierno Nacional la posesión de las salinas y en 1842, siendo Presidente de la República don Antonio López de Santa Ana, comenzaron a arrendarse por períodos no menores de tres años, hasta 1862, en que fueron vendidas a los señores Errazu, de San Luis Potosí.

En 1906 una fuerte Compañía Inglesa "The Salinas of Mexico, Limited," compraron estas salinas, así como otras importantes del país (véase Estado de Chihuahua).

La Estadística de Tienda de Cuervo de 1757, da amplia información relativa a la producción, distribución y comercio de las salinas de Tamaulipas. (1)

Las célebres salinas de la Isla del Carmen, en el Golfo de California, se han explotado de una manera casi constante, desde los comienzos de la colonización hasta nuestros tiempos, y es muy probable que los misioneros Jesuitas, Franciscanos y Dominicos, que fueron los primeros colonizadores de la Baja California, hayan empezado a explotar las principales salinas que existen en dicha península.

Por último, las salinas de Colima, del Estado de México, de Oaxaca, Chiapas y Guerrero, han sido trabajadas sin interrupción y con cierta regularidad por nuestros indígenas, desde antes de la Conquista.

(1) Véase distribución Geográfica de las Salinas de México. "Tamaulipas.—Antecedentes e historia de las Salinas."



LA SAL Y LAS OTRAS SUBSTANCIAS CON QUE SE ENCUENTRA ASOCIADA

La designación mineralógica de la sal común es *Halita*. También se le llama sal común, sal marina, sal de roca o sal gema, muriato de sosa y cloruro de sodio.

La Halita enteramente pura se compone de sodio (Na) y de cloro (Cl) y se representa por la fórmula NaCl.

100% de NaCl contienen: 60.6% de Na y 39.4% de Cl.

El peso atómico del NaCl es 58.5 (35.5 de Cl y 23.0 de Na).

El cloruro de sodio raras veces se encuentra puro en la naturaleza, pues casi siempre se presenta mezclado con pequeñas cantidades de sulfato de calcio y cloruros de calcio, de magnesio y de potasio. Algunas veces contiene también como impurezas y en pequeña cantidad, sulfato de sodio y sulfato, ioduro y bromuro de magnesio, así como pequeñísimas cantidades de litio. (1)

Hablando en términos generales, se puede decir que los sulfatos de calcio y de magnesio y el cloruro de potasio aunque en proporción muy reducida, siempre se hallan en la sal gema. La sal depositada por la evaporación del agua del mar, contiene como principal impureza el cloruro magnésico. La de las salinas de las lagunas y lagos salados del interior de

México, contiene generalmente carbonatos y sulfatos de sodio.

El cloruro de sodio es una de las sustancias más abundantes y extendidas en la naturaleza. El mar siendo el último depósito de las aguas circulantes (las cuales al atravesar los continentes, disuelven sus sales solubles), contiene la mayor cantidad de NaCl. Del total de las materias disueltas en el agua del mar un 77.758% corresponde a dicha sustancia. (1)

Propiedades físicas y químicas

La sal gema y la sal marina en su estado natural se presenta en la forma de cristales cúbicos gruesos, incoloros, blancos, amarillentos o bien rosados, rojizos, azulados, verdosos o ligeramente violados. Estos diferentes colores o matices que presenta la sal, se deben a pequeñas cantidades de fierro o de manganeso, o a la existencia de algas en estado de descomposición. Las coloraciones debidas a la descomposición de las algas, tienen la

(1) Rollin D. Salisbury, de la Universidad de Chicago, ha calculado que si la totalidad de la sal existente en el mar se precipitara, haría un volumen como de 5.682,585 kilómetros cúbicos. Según el mismo geólogo una milla cúbica de agua del mar contiene 117,484 toneladas de cloruro de sodio o sea en medidas métricas: un kilómetro cúbico de agua del mar contiene como 72,978 toneladas de cloruro de sodio.

(1) En los laboratorios se purifica la sal común, neutralizando la solución hirviendo por el carbonato de sodio, filtrando el líquido y saturándolo con HCl.

particularidad de desvanecer y perderse rápidamente bajo la influencia de la luz.

La sal común purificada, se presenta en cristales cúbicos menudos o en polvo cristalino granuloso, blanco o incoloro, de *sabor salado típico*. Tiene una dureza de 2.5 en la escala de Mohs y su densidad varía entre 2.1 y 2.6.

Los cristales puros tienen un peso específico de 2.135 (la densidad de una disolución de sal marina a 15% y a 15° C. varía desde 1.106 a 1.111. El peso específico de la disolución saturada a 15° C. es de 1.20715 y a 17°5 C. de 1.2046). (1) Tienen un lustre vítreo y son cristalinos, transparentes o translúcidos. Aun en cierto estado de pureza, la sal común contiene casi siempre cloruros de calcio y de magnesio que la hacen higroscópica y hasta el mismo NaCl en estado de pureza, es ligeramente higroscópico y absorbe en el aire húmedo de 0.5 a 0.6% de agua, que pierde en cuanto se le pone en contacto con atmósfera seca. Una vez fundido, no cambia ya de peso en contacto del aire húmedo.

El cloruro y el sulfato de magnesio dan a la sal un sabor picante y amargo. El NaCl calentado decrepita, se funde al rojo y se volatiliza al rojo blanco. Es uno de los minerales más solubles en el agua. La solución de NaCl es neutra al papel de tornasol. Una parte de NaCl se disuelve en 2.8 partes de agua fría y 2.5 en agua a la ebullición; es poco soluble en el alcohol de 90°; se disuelve en 2.5 partes de glicerina y es muy poco soluble en el éter y en el alcohol absoluto. La mezcla de 36 partes de NaCl y 100 de agua, produce un descenso en la temperatura de 2° 5 C.; *de esta propiedad, se deriva el uso de la sal como refrigerante*. El punto de congelación de la disolución saturada corres-

ponde a -21° C., siendo ésta la temperatura que se obtiene mezclando 33 partes de sal marina con 100 partes de nieve a -1° C.

Una disolución de sal marina saturada a 107° 9 encierra 29.5% de sal o sea 41.84% de NaCl disuelto en 100 gramos de agua y hierve a 108° 99 (Karsten).

El NaCl generalmente cristaliza en cubos anhidros que decrepitan en contacto del fuego, debido al agua de interposición. Por cristalización artificial se obtienen también octaedros y cubo-octaedros. Los cristales cúbicos, bien sean naturales o artificiales, frecuentemente presentan sus caras abuecadas, agrupándose en gran número y formando pirámides cuadrangulares huecas. Tienen crucero cúbico y fractura concoide. En el cloruro de sodio cristalizado, es muy frecuente encontrar cristales negativos y esqueletos de cristales.

Examen rápido de la sal

La sal debe ser blanca, estar seca y disolverse por completo en tres partes de agua. La solución no debe ser amarga, pues de serlo demostrará la presencia de cloruro magnésico. La solución no debe precipitarse por el cloruro de bario acidulado, pues la formación de un precipitado indicaría la presencia de sulfatos. Tampoco debe dar precipitado al tratarse por el oxalato de amonio, que precipitaría la cal si la hubiere; ni por el fosfato de sodio en solución amoniacal, que precipita la magnesia; ni por el ácido sulfhídrico o el sulfuro de amonio que precipitan los metales.

Tratada la solución de sal por el agua de cloro y engrudo de almidón, no debe colorarse de azul, pues en tal caso revelaría la presencia del yodo.

En la llama del soplete da un brillante color amarillo característico del sodio.

(1) Valiéndose de la densidad del agua del mar a 15° C., se puede calcular su riqueza en NaCl, multiplicando las cuatro primeras decimales que expresan esta densidad por el factor 0.013 (Erkman).

Minerales asociados

El cloruro de sodio en la naturaleza (tanto en la sal gema, cómo en las salmueras) (1) ya se dijo que se encuentra asociado con otras muchas sales. De éstas las que más generalmente se presentan, son los carbonatos de calcio y de magnesio en la forma de concreciones, dolomías y margas; los sulfatos de calcio, magnesio y sodio y los cloruros de potasio y de magnesio.

Es muy raro encontrar todas estas sa-

les en un mismo depósito; sin embargo, en los de Stassfurt, en Alemania, se han reconocido más de treinta diferentes compuestos minerales, de los cuales solamente tres, la Carnalita ($KCl + MgCl_2 + 6H_2O$), la Kainita ($K_2SO_4 + MgSO_4 + MgCl_2 + 6H_2O$) y la Kieserita ($MgSO_4 + H_2O$) y la sal gema se explotan en grande escala.

En ciertos terrenos con frecuencia existen capas de calizas, de dolomías o de margas, de arcillas y yeso más o menos impregnadas de cloruro de sodio.

CONDICIONES DE YACIMIENTO Y CONCENTRACION DE LOS DEPOSITOS SALINOS

Principales tipos de yacimiento de la sal común:

Sal de roca o sal gema.

Sal de origen volcánico (en las fumarolas de los volcanes).

Sal de tierra, de estepas o de arenales.

Salmueras naturales:

Agua del mar.

Lagunas litorales.

Lagos y lagunas saladas interiores.

Aguas freáticas saladas.

Aguas profundas y manantiales termales.

Sal de roca o sal gema

Esta clase de sal se presenta en la naturaleza en la forma sólida o en agregados granulosos y compactos, constituyendo capas o lechos que en muchos países son de tal espesor y extensión, que permi-

te extraer la sal por medio de trabajos mineros o siguiendo los métodos empleados en la explotación de las canteras o bien usando el procedimiento más económico que consiste en disolver las capas de sal en agua y bombear la salmuera resultante a la superficie, para evaporarla.

Algunas veces se encuentra sal completamente pura, pero por lo general está mezclada con arcilla, yeso o sales alcalinas o alcalino-terrosas.

Casi todas las regiones del globo poseen yacimientos de sal gema. Es raro encontrarla en terrenos primarios, pues lo más común es que se encuentre en terrenos terciarios. Los criaderos de sal gema más importantes en el mundo, se hallan en las formaciones terciarias de los Cárpatos; en la cretácica de Cardona (Cataluña) y Añana (Provincias Vascongadas) en España; en los Alpes de Baviera; en el Ducado de Salzbourg en Rusia, y en el Tirol Austriaco. Francia tiene varios yacimientos de bastante consideración, como los de Jura en los Bajos Pirineos y los de Ariège. También Ale-

(1) Se designa con el nombre de "salmueras" a las soluciones más o menos saturadas de la sal en el agua. También se les conoce con el nombre de aguasal o de aguas saladas.

mania, a este respecto, figura en primera línea, pues posee los importantes yacimientos de Wurtemberg y los de Sperenbey (cerca de Berlín). Argelia tiene extensos depósitos de sal gema. Finalmente, en los Estados Unidos, en el Reino Unido de la Gran Bretaña, en la India, en el Canadá, en Grecia y en Italia, existen yacimientos de bastante consideración.

La presencia simultánea de la sal o de aguas saladas con el petróleo, debe mencionarse como caso típico de algunas regiones petroleras de México, así como en los Alpes, en los Cárpatos, en la Rusia Asiática, en Siria, en Persia, en los flancos del Himalaya, en Argelia, en Abisinia, en los Estados Unidos, en el Canadá y en los Andes del Perú y Bolivia. (1)

Sal de origen volcánico

Se encuentra la sal en las fumarolas de los volcanes. Su presencia en estos lugares no tiene ninguna importancia económica en lo que respecta a la sal común, pues la explotación de estas sales se ha concretado en escala industrial (como en Toscana, Italia; y en Chile) a la extracción de los boratos.

Sal de tierra, de estepas o de arenales

Esta es la sal común que bajo la forma de eflorescencias, se presenta en el suelo de las estepas saladas y tiene el mismo origen que la que se forma en los lagos salados, es decir; las aguas atmosféricas que penetran en la profundidad del suelo disuelven partículas salinas y las conducen a la superficie, donde la sal se separa de nuevo por una evaporación lenta. También pueden tener por origen la sal que han dejado, manantiales salados y termales ya desaparecidos.

En algunos lugares de nuestro país, como en Chichimequillas y en el valle salado que desde Villa de Cos, se extiende hasta Calera (en el Estado de Zacatecas); en Texcoco, en la Playa de Sayula, Jalisco, etc., ocurren estas eflorescencias en forma de cristalillo (sulfato de sodio), de sal o de tequesquite, las cuales no alcanzan a tener la importancia de las eflorescencias del salitre en Chile o de las que cubren durante el estío, las estepas saladas del Cáucaso en Rusia.

Salmueras naturales

La sal se encuentra, además, en disolución en el agua del mar, en las lagunas litorales (limitadas a veces por los cordones litorales, que se forman por el crecimiento de los terrenos, a causa de los médanos, en los lagos y lagunas saladas y en las aguas profundas saladas y termales.

El grado de concentración de los depósitos de agua salada, depende de muchos factores; capacidad del recipiente, cantidad de agua con que cuente, grado de evaporación y el tiempo durante el cual el procedimiento se ha efectuado. (1)

Cuando el agua evaporada excede a la que entra, la solución se hace más y más saturada y las sales se depositan en el orden de su solubilidad; el yeso poco soluble se precipita primero y la sal, que es muy soluble, se deposita al último. De suerte que el que un lago contenga agua dulce o salada, dependerá de su relación de alimentación con su pérdida por evaporación o de la mezcla que resulta de aguas terrestres dulces con agua del mar. Los lagos en lo general son dulces, porque mucho más agua cae en los continentes

(1) Un metro cúbico de agua del mar, contiene de 28 a 31 kilogramos de NaCl y de 5 a 6 de KCl.

(1) Wagner et Gautier.—Chimie Industrielle.

que la que se evapora en estas mismas superficies, volviendo otra vez el exceso al mar por las corrientes fluviales.

Solamente en ciertas regiones de los continentes, como en los valles salados de San Luis Potosí y Fresnillo, en Sayula, Texcoco, etc.; en la cuenca de Utah, Estados Unidos; en el interior del Asia, etc., etc.; donde el clima es muy seco y los recipientes de captación de las aguas que acarrear las sales solubles que provienen del lavado de las rocas no tienen ningún desagüe, existen lagos salados.

Numerosos manantiales de aguas termales contienen cloruro de sodio en proporción variable, pero generalmente en cantidades que no compiten con la explo-

tación económica de este producto. Mu- chísimas fuentes termales de México po- drían citarse como conteniendo cantida- des apreciables de sal común.

También se encuentra la sal en la ve- cindad de los polos, depositada en la for- ma de granos en la superficie de los hie- los.

En fin, como producto químico se ob- tiene en grandes cantidades cloruro de sodio, en ciertas operaciones químicas, como por ejemplo: en la fabricación del salitre por medio del nitrato de sodio y el cloruro de potasio.

TEORIAS SOBRE EL ORIGEN DE LA SAL

El cloruro de sodio, que vulgarmente se designa con el nombre de "sal común," constituye uno de los minerales más abundantes en la naturaleza y su fácil y productiva explotación, ofrece grande importancia desde el punto de vista industrial y económico.

Geológicamente considerados los depósitos de sal, son de origen secundario y provienen de la concentración de las aguas del mar o de la disolución de los cloruros contenidos en las rocas. Se presenta en depósitos estratificados con otras rocas, como arcillas, margas apizarradas (shale), calizas, dolomías, arenas arcillosas, areniscas, etc.

En los varios autores que tratan de explicar el origen de la sal, se nota frecuentemente cierta confusión (importante de aclarar) entre lo que a esto se refiere, así como en lo que se relaciona con la concentración de la sal, bien que ésta tenga lugar en los océanos o en las depresiones que forman cuencas cerradas. En diver-

sas partes de este trabajo, se tratará de lo relativo a las circunstancias de forma- ción de estas concentraciones en los depósitos salinos mexicanos.

Múltiples y divididas son, hasta ahora, las opiniones de los geólogos con respec- to al origen y a las diferentes maneras como se presentan los depósitos de sal en la naturaleza. Es de admitirse el he- cho de que la salinidad de las aguas del mar (1) debe tener un origen primordial durante la concentración de las aguas de los primitivos mares. Se acepta general- mente que la sal y demás substancias que la acompañan, en ciertos depósitos te- rrestres, ha sido disuelta de las rocas y

(1) El agua del mar se mantiene por lo general, en lo que respecta al carbonato de cal, abajo del punto de saturación de esta substancia, por el consumo constante que de estos elementos hacen (para la formación de sus conchas) los animales marinos; como la mayor parte de los moluscos, corales, equinodermos, etc.; de lo que resulta que la cantidad de sal aumenta conti- nuamente.

transportada por las aguas circulantes. Algunos geólogos se explican la existencia de ciertos grandes depósitos de sal gema a la sucesiva evaporación de aguas saladas durante alternativas de inundación y retirada de las aguas del mar. Otras veces pudo haber acontecido una retirada brusca del mar, dejando una cuenca independiente, cuyas aguas, al evaporarse, determinan la concentración y la formación de un depósito salino. La existencia de cloruro de sodio en ciertas fumarolas volcánicas ha dado lugar a que se forme una teoría sobre el origen volcánico de este producto.

En síntesis, se puede decir que reasumiendo todas las opiniones hasta ahora emitidas sobre el origen de la sal, las más aceptadas en la actualidad son las cuatro siguientes:

Primera: Teoría Volcánica.

Segunda: Teoría de la Evaporación.

Tercera: Teoría del Domo (debida a Harris).

Cuarta: Salmueras Naturales.

Teoría volcánica

Desde que se comprobó la presencia de HCl y NaCl en las fumarolas volcánicas, el fenómeno relacionado con la ascensión del material candente del interior de la tierra a la superficie, ocasionado por la acción volcánica o vulcanismo, se cita con bastante frecuencia como fundamento para explicar el origen de la sal.

Pero no obstante que en muchos yacimientos salinos (como por ejemplo, los depósitos de sal y boratos de cal y de sodio de la Puna de Atacama, en la República Argentina), (1) se prueba el origen volcánico de la sal, estas teorías han dejado de tener interés preferente y

se han reemplazado por las teorías de evaporación, que se consideran más amplias y satisfactorias.

Hubbard (1) incluye todas las teorías sobre el origen de la sal que tiene por base el vulcanismo, en la siguiente clasificación:

Que la dolomía, la sal y el yeso vinieron de las partes interiores de la tierra:

1.º—Como masas fundidas, acompañadas de gran calor y desarrollo de gases y con o sin manifestaciones de violencia.

2.º—O se formaron por la acción de los gases, bien por sublimación o por alteración de las sustancias ya existentes.

3.º—O que esta formación tuvo lugar en solución concentrada en cavidades de la costra terrestre y solidificaron allí o fueron traídas a la superficie a través de las grietas o hendiduras.

4.º—O del mismo modo que pasa con los lodos volcánicos, la sal y el yeso fueron arrojados con violencia, en la forma de lama.

Teoría de la evaporación

La teoría debida a Bischof, ampliada y modificada más tarde por Ochsenius relativa a que los yacimientos de sal son el resultado del depósito de las aguas del mar en recipientes o cuencas conectadas con el océano, puede exponerse sucintamente así:

Si suponemos un mar interior cuya entrada al océano esté en parte cerrada por una barra o banco de arena, en tales condiciones de profundidad y altura para que permita que la cantidad de agua del mar que penetre sea únicamente suficiente para contrarrestar la pérdida debida a la evaporación superficial, indudablemente que algunas de las sales mantenidas en solución pronto comenzarán a de-

(1) Anales del Ministerio de Agricultura de la República Argentina.—T. X., número 5.—1915. "Los Yacimientos Minerales de la Puna de Atacama."

(1) Geol. Survey. Mich., Vol. V, pt. 2. p. XII.—1881-93.

positarse. En tales circunstancias y al continuar rápidamente la evaporación, las capas superiores de agua se convierten en más densas y acaban por sumergirse. A medida que la evaporación continúa, la concentración aumenta con la profundidad hasta que alcanzado su punto de saturación, las diferentes sales se depositan.

La entrada continua del agua del mar, aunque diluye el agua existente, es fuente constante de aumento en la cantidad de sal, y por lo tanto, si las condiciones de alimentación, evaporación, etc., siguen siendo las mismas y permiten conservar la densidad del agua de tal manera que se ocasione la precipitación de la sal y mantenga en solución las sales más solubles, llegará a formarse una capa de sal, cuyo depósito irá acumulándose más y más hasta no verificarse un cambio en los factores ya mencionados que intervienen en la precipitación y acumulación de la sal. Naturalmente que para que esta teoría de la evaporación sirva de apoyo para explicar la existencia de importantes yacimientos salinos es indispensable admitir: 1.º comunicación constante con el océano y 2.º que la cantidad de agua que éste proporcione, sea siempre la misma.

La disminución o aumento en la cantidad de agua que contenga el recipiente de que nos ocupamos y por consecuencia la naturaleza de las capas que se formen, dependerá de la constitución, altura o cambios de la barra, que es la que permite la entrada del agua; así por ejemplo, si la cantidad de ésta aumenta, la densidad de la salmuera disminuirá y mantendrá entonces el cloruro de sodio en solución, precipitándose, en cambio, el sulfato de calcio que al depositarse formará capas de yeso.

Si la barra llega a obstruir completamente el acceso del agua y ésta se reduce a tal grado que sólo permita la entrada de pequeñas cantidades de agua, la evaporación ocasionará la precipitación de

las sales más solubles y cesará todo depósito, una vez terminada la precipitación de todas las sales existentes. Estos diversos cambios y circunstancias, explican el por qué en muchos yacimientos salinos, en contra del orden natural de cristalización, se encuentra el yeso arriba de las capas de sal.

Teoría del domo

G. D. Harris, con el fin de explicar el origen de la sal en algunos depósitos de Luisiana, Texas, Canadá, etc., que se presentan en forma de Domo, ha dado a conocer la teoría que ahora se designa con el nombre de "Teoría del Domo" (1) y que en extracto es como sigue:

Al atravesar las aguas meteóricas, las capas permeables, gradualmente descienden a grandes profundidades y llegan a calentarse disolviendo muchas sales contenidas en las rocas. Al ascender a través de las grietas, estas soluciones ya saturadas, van enfriándose a medida que precipitan la sal mantenida en solución y la fuerza desarrollada durante la cristalización, se supone que produce suficiente presión para dar lugar a la formación de esa estructura en forma de "Domo," tan común en los yacimientos de Luisiana, Texas, etc. Harris, sin embargo, hace observar que con toda probabilidad la sal primeramente fué depositada en las capas inferiores por los procedimientos ordinarios de la evaporación.

Salmueras naturales

Las salmueras naturales se encuentran en muchas localidades y varias teorías existen para explicar su origen.

Las principales son las siguientes:

(1) Geol. Surv., Louisiana, Bulletin núm. 7.—Report of 1907.

1.—El lavado de las capas de sal por las aguas meteóricas.

2.—El lavado de cristales de sal diseminados en las rocas estratificadas.

3.—Del agua que proviene del mar y que quedó encerrada o aprisionada en un estrato poroso.

Cole, (1) al hablar de estas teorías, dice: “las variaciones y combinaciones a que dan lugar son tan numerosas, que es casi imposible fijar el origen bien definido en ninguno de los casos en que ocurre la salmuera.”

Genésis de la sal en México

Según lo expresamos en la Introducción, en México no son todavía bien conocidos los yacimientos de sal gema, pues hasta la fecha ni se han estudiado, ni han sido objeto de explotación alguna. (2)

Todas las fuentes de producción de sal en nuestro país, son: el agua del mar (3) recogida en las partes bajas de las playas de ambos litorales o contenida en las lagunas y esteros formados por cordones litorales, debido a los médanos que resultan de la acumulación de la arena transportada por el viento. También procede de las aguas freáticas más o menos sa-

(1) Salt Deposits of Canada.—L. Heber Cole.—Canada Department of Mines. Report 325 (1915).

(2) Véase a este respecto, “Salinas de Sabinas” en Nuevo León. (Distribución Geográfica de las Salinas de México.)

El señor don Alfonso Luis Velasco, en su Geografía y Estadística de la República Mexicana publicada en 1889, dice que en Aldama y Altamira, en el Estado de Tamaulipas; en el Distrito de Silacayoapan, del Estado de Oaxaca, y en Huetamo, Michoacán; abunda la sal gema.

En la memoria del Gobernador de Guerrero correspondiente al año de 1881, entre la lista de solicitudes para explotar minas, figura una para sal gema.

(3) Según sea la climatología de los lugares donde se forman las *Salinas Marinas* se designan éstas con el nombre de *Salinas de clima húmedo* o de *Salinas de clima seco* y naturalmente que la sal extraída de estas últimas salinas, requiere beneficio para su purificación.

turadas de sal, y de las contenidas en las lagunas o charcos salados temporales, que existen con abundancia en muchos lugares del interior de nuestro país.

Durante las mareas equinocciales, las pleamares (1) al bañar las costas mexicanas, forman en los lugares topográficamente mejor acondicionados (véase la Distribución Geográfica de las salinas de México) lagunas temporales o charcos de poca profundidad, (2) que siendo en lo general bastante extensos y por lo tanto presentando gran superficie de evaporación y encontrarse en un medio árido y seco, al recibir el calor ardiente del sol, la formación de la sal se lleva a cabo en condiciones muy favorables en estas lagunas o charcos.

Las lagunas interiores, como las del Valle Salado de San Luis Potosí; las de Santa María y Santa Ana en Fresnillo, Zacatecas; las de la Playa de Sayula, Jalisco; las de Texcoco, en el Estado de México; etc., están formadas en depresiones o en cuencas cerradas limitadas por barreras volcánicas. La sal proviene del lavado mil veces secular de los terrenos circundantes por las aguas pluviales. Las aguas sin salida, al evaporarse, dejan un residuo de sal que va aumentando constantemente. Esta concentración es favorecida grandemente en esas regiones por la extrema resequedad atmosférica en ciertos meses del año, lo cual es un hecho, puesto que en dichos climas, una estación seca y una estación de lluvias está precisamente marcada. Las circunstan-

(1) La naturaleza en extremo baja de las playas en el litoral del Golfo, así como la frecuencia de vientos (principalmente Nortes) que soplan del mar, ocasionan que las salinas se formen en estos lugares sin el concurso de las altas mareas. Véase la parte de este trabajo relativa a las Salinas de Tamaulipas.

(2) En algunos lugares de Campeche y Yucatán, se prepara el terreno para la formación de los charcos haciendo excavaciones poco profundas (de 60 u 80 centímetros), generalmente en forma de cuadriláteros alargados, en los pantanos ya desecados, donde se advierte la formación de costras de sal.

cias topográficas, climatológicas y físicas que intervienen directamente en la formación y concentración de las diferentes sales, se mantienen con ligeras variantes en las distintas provincias geográficas del país. En la extensa zona ocupada por la playa de Sayula, por ejemplo, el agua de la lluvia forma anualmente pequeños lagos, tales como los de Tachaluta, Sayula, Zacoalco, Tizapán y San Marcos, que desaparecen al fin de la estación.

Las aguas recogidas en las cuencas se evaporan en las estaciones calurosas y dejan en la superficie de la tierra unas costras, cuya composición está subordinada a la naturaleza de las montañas y terrenos circunvecinos. Generalmente estas costras, conocidas por el vulgo con el nombre de tequesquite, están compuestas de arcilla, sesquicarbonato y cloruro de sodio. Por el análisis que hice de estas costras, encontré que su contenido de sesquicarbonato varía desde 6 hasta 26% y el cloruro de sodio desde 4% en la saltierra, hasta 25% en muestras más puras. La composición de las diferentes sales que ahí se forman cambia, según los lugares de donde se tomen. En unas se encuentra arcilla, cloruros de sodio, de calcio y de magnesio y en otras sólo se halla arcilla, y sulfatos de sodio, de calcio y de magnesio.

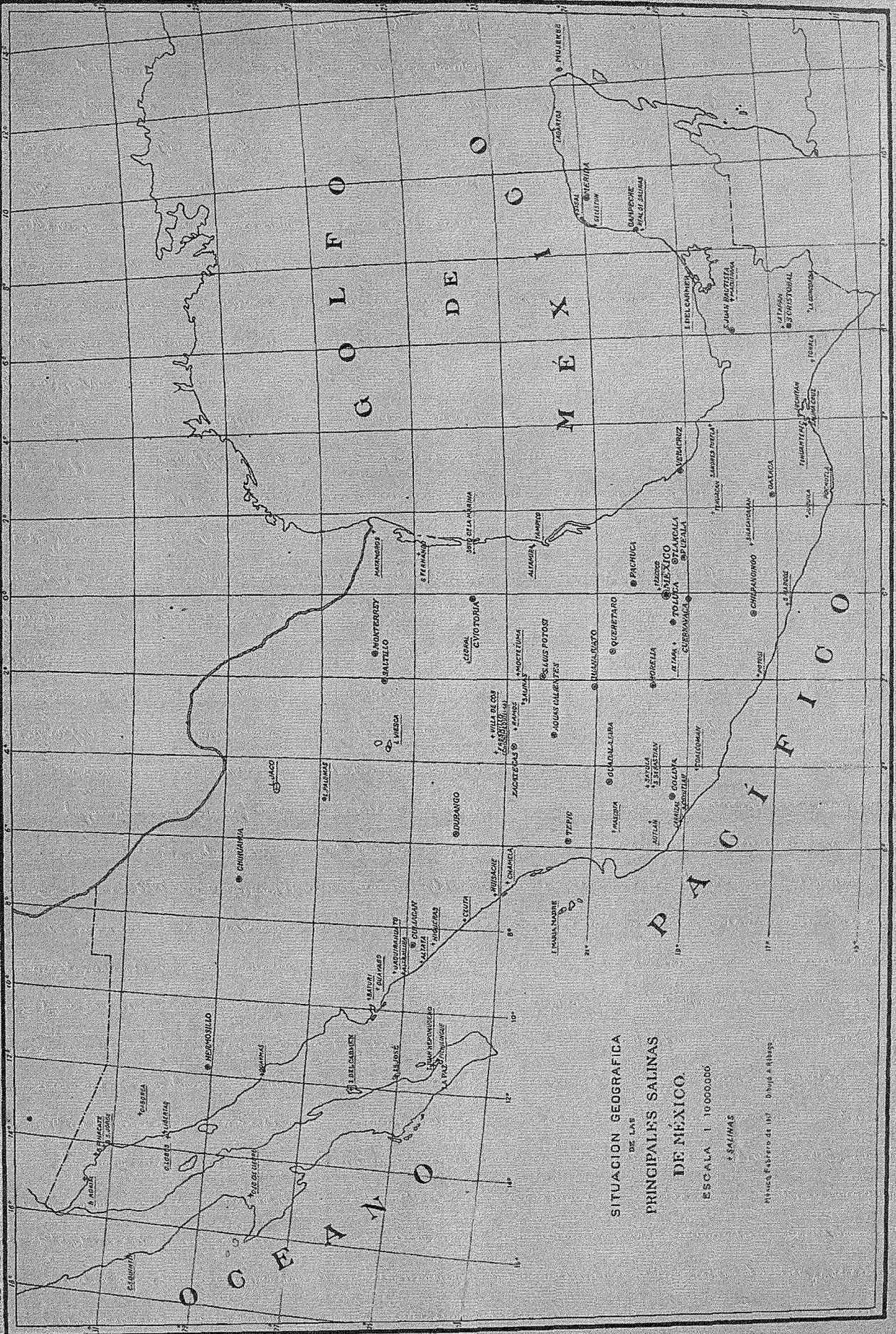
Por los estudios que se han hecho de aquella región, entre los cuales debo mencionar los llevados a cabo por don Vicente Aréchiga, se ha comprobado que en la playa de Sayula, a muy poca profundidad, se hallan grandes bancos de turba mezclados con otras substancias orgáni-

cas todavía en descomposición, las que al desprender grandes cantidades de CO_2 disuelven el carbonato de calcio, que está en contacto con las aguas subterráneas cargadas ya de sulfato de sodio y por una doble descomposición se forma carbonato de sodio y sulfato de calcio, que en la superficie del suelo vienen a aflorar en la forma de tequesquite, el que casi siempre contiene Gaylusita (hidrocarbonato de calcio y de sodio, $\text{CaCO}_3\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). La formación de los sulfatos de sodio y de magnesio y del cloruro de magnesio, se debe a la descomposición del yeso y de la dolomía (que tanto abundan en la playa de Sayula), por el contacto constante del agua saturada de cloruro de sodio.

Según el señor Ingeniero don Ezequiel Ordóñez (que bondadosamente se ha servido darme valiosos datos para la formación del presente trabajo), los lechos de los lagos mexicanos suben constantemente de nivel, debido al aportamiento de gran cantidad de materiales sólidos que las aguas traen en suspensión. Pero la sal nunca forma capas estratificadas entre estos depósitos térreos, lo que obedece a la capilaridad que siempre mantiene la sal en la superficie en la forma de eflorescencias. En el lecho del lago de Texcoco, por ejemplo, dice el propio señor Ordóñez, "las tierras más cargadas de sal están en la superficie y va disminuyendo rápidamente la sal hacia abajo del lecho actual del lago."

En ciertas cuencas saladas, ya no hay más sal abajo del lecho impermeable de las aguas freáticas.

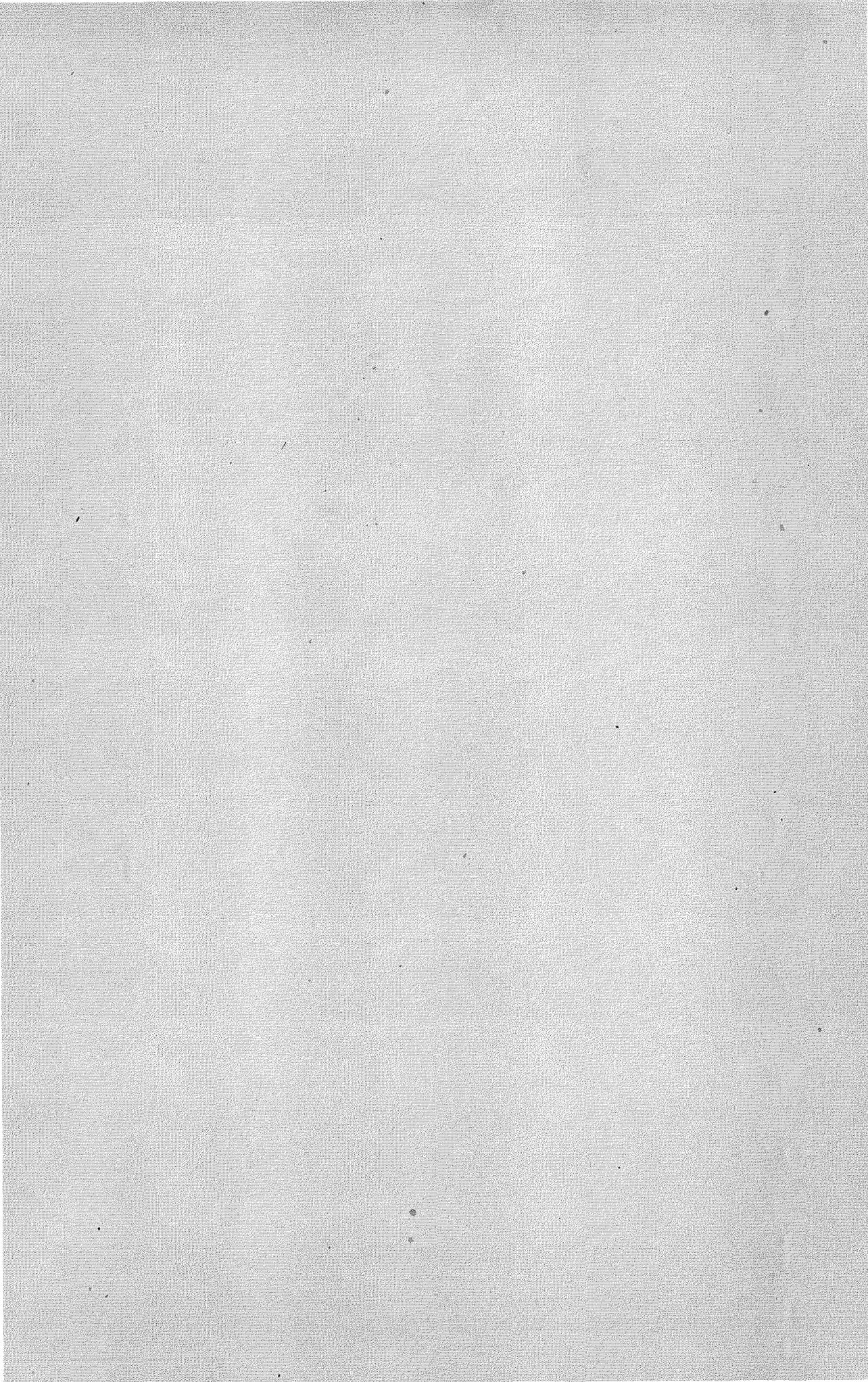




SITUACION GEOGRAFICA
DE LAS
PRINCIPALES SALINAS
DE MEXICO.

ESCALA 1:1000000
SALINAS

ALFONSO FABRETTI DE BOGOS



SALINAS PRINCIPALES DE MEXICO ⁽¹⁾

(Que figuran en la Carta adjunta)

LITORAL DEL PACIFICO

BAJA CALIFORNIA

Costa Oriental:

Bahía de Salinas, Puuta Salinas, Salinas ubicadas en la Isla de San Juan Nepomuceno, Isla del Carmen, Isla de San José, Salinas de Pichilingue.

Costa Occidental:

Salinas de San Quintín, Salinas de Ojo de Liebre.

SONORA

Bahía de Adair, Bahía del Pinacate, Bahía de San Jorge, Municipalidad de Caborca, Puerto de La Libertad, Cabo de Lobos, Guaymas.

SINALOA

En el Distrito de Sinaloa: Baturí, Guayabo, Jaquirahuato, Altamura, Alta. Higueras.

TEPIC

Isla María Madre.

JALISCO

Mascota, Autlán, Sayula, San Sebastián.

COLIMA

El Carrizal, Cuyutlán.

MICHOACAN

Coalcoman.

GUERRERO

Laguna del Potosí (a 18 leguas al NW. de Acapulco).

Salinas de San Marcos, en el Distrito de Tavares.

OAXACA

Silacayoapan, Juquila, Pochutla, Tehuantepec, Juchitán, Salina Cruz.

CHIAPAS

Tonalá, Ixtapan, Concordia.

LITORAL DEL GOLFO

TAMAULIPAS

Matamoros, San Fernando, Soto la Marina, Altamira.

VERACRUZ

San Andrés Tuxtla.

TABASCO

Mascupana.

CAMPECHE

Real de Salinas.

Isla del Carmen.

YUCATAN

Celestún, Sisal, Lagartos, Isla de Mujeres.

SALINAS INTERIORES

Estados del Norte:

CHIHUAHUA

Laguna de Jaco, Laguna de Palomas.

(1) De todas las otras salinas de menos importancia, de cuya existencia tenemos conocimiento, se hace mención en la Distribución Geográfica de las Salinas de México, en el Estado o Territorio a donde pertenecen.

COAHUILA

Laguna de Viesca.

Estados del Centro:

ZACATECAS

Villa de Cos, Chichimequillas.

SAN LUIS POTOSI

Salinas, Municipio de Santo Domingo,
Municipalidades de Cedral, Moctezuma y
Ramos.

MEXICO

Texcoco.

Ixtapan de la Sal.

PUEBLA

Tehuacán.

DISTRITO FEDERAL

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS SALINAS DE MEXICO

BAJA CALIFORNIA

La ausencia de corrientes en el litoral de la Península Californiana, tan abundante en llanuras bajas o marismas, ocasiona que en las altas mareas el depósito de agua que queda, sea de bastante consideración y que una vez evaporadas estas aguas, den lugar a que en el fondo de las bahías desecadas se formen inmensas salinas naturales. Además, a causa del levantamiento constante de las costas o a los diques formados por la acumulación de la arena contenida en los médanos y que ha sido transportada por el viento, resulta que una vez verificado el reflujo, el agua del mar quede aprisionada en dichos receptáculos y que al evaporarse por el efecto del calor solar, deje grandes depósitos de sal. Iguales circunstancias intervienen en la acumulación de sal en otras partes de nuestras costas, como en las de Sonora, Tamaulipas, Colima, Guerrero, Campeche, etc.

Por efecto del crecimiento de los terrenos a causa de los médanos se forman las lagunas litorales en las que, al aumentar la altura de la barra o cerrarse ésta completamente, la evaporación del

agua del mar da lugar a depósitos de importantes cantidades de sal.

Las salinas más importantes de la Baja California son las llamadas de Ojo de Liebre en la bahía de Sebastián Vizcaino, situadas como a los 27° 25' de latitud Norte y toman su nombre del único aguaje que existe en aquellas áridas y deshabitadas regiones. Estas salinas eran ya conocidas de los primeros aborígenes de la Baja California. En el año de 1863 una Compañía americana, que se ocupaba en la pesca de la ballena, al hacer exploraciones en busca de tan productiva empresa; encontró los grandes depósitos de sal de Ojo de Liebre, estableciendo desde entonces en grande escala la explotación clandestina de estas salinas. No fué sino hasta diez años después (en junio de 1873) cuando el Gobierno Nacional logró desalojar a la intrusa Compañía, que como ya antes se dijo, extrajo grandes cantidades de sal.

La mencionada Compañía americana dió tal impulso a la explotación de las salinas de Ojo de Liebre que construyó habitaciones para sus empleados y para los trabajadores (que eran chinos), así como dejó una completa instalación de vías férreas, y edificios necesarios para

la elaboración y almacenamiento de la sal y gran cantidad de toda clase de herramienta e implementos. (1)

Según el informe de la comisión enviada por el Instituto Geológico Nacional que visitó estas salinas a fines de 1911, los depósitos de sal de Ojo de Liebre son de formación bastante reciente y su origen corresponde a las Teorías de la evaporación estudiadas ampliamente por el doctor Ochsenius.

Durante las pleamares las aguas del mar inundan las salinas y esteros bajos y penetran hasta las mismas capas de sal, donde paulatinamente se concentran. El aire extremadamente seco de aquellas regiones ocasiona la pronta precipitación de la sal, dando lugar a la formación de costras de esta substancia, las que a medida que aumenta la concentración van creciendo en espesor.

La comisión arriba mencionada expresa que son tres las salinas de Ojo de Liebre, con una existencia total de sal a la vista como de 14 millones de toneladas. La más extensa de estas salinas tiene más de 10 kilómetros de largo, otra alcanza una extensión aproximada como de 8 kilómetros, y por último, la más chica sólo tiene unos 4 kilómetros de largo. El espesor de las capas de sal varía entre 15 y 30 centímetros.

El análisis que hice de dos muestras de sal procedentes de Ojo de Liebre y los cuales figuran en los trabajos de E. Wittich sobre dichas salinas, publicados en Parergones del Instituto Geológico de México, tomo IV, números 2 a 10, y en el Boletín Minero de fecha 1.º de septiembre del año próximo pasado, me dieron respectivamente un contenido de 77.41% y 95% de cloruro de sodio.

La sal menos pura, es decir, la que se menciona primero, contiene, además de cloruro de sodio (NaCl), 7.14% de sulfato de calcio (CaSO₄), 3.66% de sulfato

de magnesio (MgSO₄) 5.12% de agua (H₂O), 1.14% de materia orgánica y 6.19% de materia insoluble. (1)

Las salinas situadas también en la costa occidental de la Baja California y al Norte de las de Ojo de Liebre, llamadas de San Quintín, se encuentran como a los 30° 30' de latitud Norte y distan unos 10 kilómetros del puerto del mismo nombre. Las salinas de San Quintín están constituídas por pequeñas cuencas cerradas (no mayores de 1 kilómetro cuadrado), que probablemente formaron el lecho de antiguas lagunas en las cuales los médanos ya fijados acabaron por cerrarlas. Como estas lagunitas o charcos de agua salada de tan poca profundidad son perennes y además el grado de saturación del agua salada contenida en estas pequeñas cuencas, es mucho menor que en las salinas de Ojo de Liebre, se infiere que deben estar conectadas con el mar, pues de otro modo es indudable que las aguas de estos charcos se hubieran evaporado desde hace mucho tiempo.

Usando de métodos enteramente primitivos, se extrae sal en pequeña escala en estos lugares, evaporando durante los meses del verano las soluciones de sal que existen en el fondo de dicha cuenca; pero parece que la explotación no ha tomado mayor desarrollo debido a la dificultad y costo de transportar la sal al puerto de San Quintín.

En la vertiente del Pacífico de la Península Californiana existen otros lugares por demás propicios para la extracción de la sal; tales como la laguna de San Ignacio, situada en el término oriental de la Bahía de las Ballenas, Bahía de San Bartolomé, etc. También en la Isla de Cedros que se halla en el extremo occidental de la grande Ensenada de Sebastián Vizcaíno, hay salinas susceptibles de adquirir alguna importancia.

(1) Anales de la Secretaría de Fomento, VIII.—1887.

(1) Parergones del Instituto Geológico de México.—Tomo V, número 4. 1913, página 89.

En la vertiente del Golfo de California se hallan muchas salinas de importancia, siendo las principales las ubicadas en las Islas del Carmen, de San José, de San Juan Nepomuceno, las de la Bahía de la Trinidad y las del Puerto de Pichilingue.

La famosa salina de la Isla del Carmen, es una de las más ricas de la Baja California y se ha explotado casi constantemente desde los comienzos de la dominación española (1) hasta nuestros tiempos. La salina se encuentra en el extremo meridional de la Isla del Carmen y tiene su origen en una depresión o cuenca con una superficie de unas 200 hectáreas, la cual ocupa el fondo de una antigua bahía de aspecto crateriforme, debido a encontrarse rodeada casi en su totalidad de colinas volcánicas. En esta salina la sal marina está mezclada con restos de roca, de arena y de arcilla y así se ha acumulado por muchos siglos formando un depósito de gran consideración.

Para obtener la sal en estado de bastante pureza, se hacen perforaciones poco profundas, las que rápidamente se llenan de agua del mar. El calor ardiente del sol, al evaporar estas aguas, deja grandes depósitos de sal, cuyo contenido de cloruro de sodio generalmente fluctúa entre 97 y 98%.

Una vez bien seca la sal, se transporta por medio de pequeños carros o vagones (pues hay una vía férrea que une a las salinas con el molino y a éste con el muelle destinado a los embarques de la sal) al molino donde se le pulveriza y se le deja lista para conducirla al muelle donde se embarca para su exportación al

Puerto de San Francisco California, (1) así como a otros puertos mexicanos del litoral del Pacífico.

La producción anual de la salina de la Isla del Carmen es de unas 6,000 (2) toneladas de sal, cifra insignificante si se tiene en cuenta su enorme capacidad de producción.

En las costas de la Isla de San José (situada en el Golfo de California, entre los paralelos de latitud Norte 24° 52' y 25° 5') se encuentran las partes salientes del litoral llamadas Punta Salinas y Punta Roja. Al Norte de Punta Salinas, en la costa occidental de la isla, hay una laguna que tiene comunicación con el mar y en las inmediaciones de la misma Punta hay otras dos lagunas. De estas tres lagunas litorales se extraen cantidades considerables de sal.

En la Isla de San Juan Nepomuceno (que forma el lado occidental del Puerto de Pichilingue y que queda, por lo tanto, al Oriente de la Bahía de la Paz) y cerca de su extremo SE., se encuentra una pequeña laguna litoral de agua salada, que tiene como 600 metros de largo por 400 de ancho, y de la cual se extraen anualmente, valiéndose de la evaporación solar, importantes cantidades de sal.

En el Puerto de Pichilingue, ubicado en la costa oriental de la Bahía de la Paz y al Este de la Isla de San Juan Nepomuceno, existen también salinas de importancia que han producido buena cantidad de sal que se exporta al interior del país, donde se consume hasta en lu-

(1) El extinto Mr. Percy W. Mann, Gerente que fué de la Compañía Inglesa dueña de la salina de la Isla del Carmen, personalmente nos informó que muy a menudo barcos japoneses, después de hacer su comercio en los puertos de la Alta California, pasaban a la Isla del Carmen a recoger sal para llevarla al Japón en sus viajes de retorno.

(2) En algunos años la producción de sal ha llegado hasta 35,000 toneladas, cantidad que aún se considera muy pequeña, pues el depósito de sal que parece inagotable, podía producir mucho mayor cantidad, si lo justificara la demanda.

(1) En el capítulo de este trabajo titulado "Historia," expresamos que es muy probable que esta salina, así como otras muchas de la península californiana, haya empezado a explotarse por los misioneros jesuitas, franciscanos y dominicos que fueron los primeros colonizadores de la Baja California.

gares que, como el Estado de Jalisco, de por sí posee grandes salinas como las de la Playa de Sayula y que queda poco distante de las muy importantes del litoral del Estado de Colima. Las muestras que analicé procedentes de las salinas de Pichilingue y que me facilitó el Museo Tecnológico Industrial de esta capital, me dieron los resultados siguientes:

Sal de primera, 96.10% de cloruro de sodio.

Sal de segunda, 93.24% de cloruro de sodio.

Sal de tercera, 89.32% de cloruro de sodio.

Otras muestras también auténticas de las salinas de Pichilingue que se obtuvieron en Guadalajara por conductos particulares, dieron un contenido de cloruro de sodio, respectivamente, de 93.96, 92.22 y 95.52%.

Se conoce con el nombre de Charco de Salatea, en el litoral oriental de la Baja California, una ciénega que se encuentra situada entre la desembocadura del río de San José y la Villa de San José del Cabo, en donde se extrae alguna cantidad de sal.

SONORA

Todas las salinas del Estado de Sonora, formadas por lagunas de litoral y que están ubicadas en el Golfo de California, son susceptibles de grandísimo desarrollo, por lo que es de lamentarse la irregular y limitada explotación de que han sido objeto hasta la fecha.

Los principales lugares donde se puede extraer sal en abundancia son:

Bahía de Adair.

Bahía de El Pinacate.

Bahía de San Jorge.

Puerto de La Libertad.

Cabo de Lobos.

Puerto de Guaymas.

Además, en territorio del Estado se explota la sal desde hace algún tiempo en las "Arenas," lugar perteneciente al Distrito de Alamos, obteniéndose una sal

de primera calidad, pues en las muestras procedentes de este lugar, que facilitó el Museo Tecnológico Industrial de esta capital, obtuve un contenido de cloruro de sodio de 98.02 y 99.18% respectivamente. También se encuentra la sal en el mineral de La Trinidad, del Distrito de Sahuaripa, en el Distrito de Arizpe y en Hermosillo.

En la parte septentrional de la Bahía de Adair existe una laguna que desemboca en el Golfo de California o Mar de Cortés, cuya laguna tiene unos 5 kilómetros de extensión. Esta laguna, al secarse durante las más bajas mareas, deja un gran depósito de sal.

En la Municipalidad de Caborca, del Distrito de Altar, existen las salinas de "La Soledad" y de "El Pinacate," la primera está ubicada a orillas del mar, al Oeste del pueblo del mismo nombre, y tiene una extensión como de dos hectáreas. Dista del mar un kilómetro y se liga por medio de un estero y queda distante de la vía férrea (F. C. Sur Pacífico, Estación Llano o de Santa Ana) como 200 kilómetros. La sal que procede de la evaporación natural del agua salada que entra por el estero, se recoge por medio de palas o de rastrillos. La producción limitada de la Salina de "La Soledad," encuentra su total consumo entre los habitantes de la Municipalidad de Caborca y lugares circunvecinos.

La salina de "El Pinacate" está situada al Norte de la arriba mencionada, en la misma costa del Golfo de California y a unos 250 kilómetros al NW. del pueblo de Caborca. Esta salina es la más importante y extensa de esta región. Produce sal abundantísima, pero por estar situada en el desierto, poco se conoce de ella, pues ni siquiera se utiliza para el consumo local a causa del difícil transporte. Los fletes son muy costosos, por lo que la empresa que llegue a explotarla, tendrá que usar de la vía marítima para la exportación de este producto.

SINALOA

Las salinas más importantes del Estado de Sinaloa, situadas en el litoral del Pacífico y en su orden geográfico de Norte a Sur, son:

Comichi, Corobochi y San Pablo, en el Distrito de El Fuerte; Baturi, Guayabo, Jaquirahuato, Altamura, Altata e Higuerras, en el Distrito de Sinaloa; Ceuta, en el de Cosalá; Huisache, en el de Mazatlán y Chametla, en el Distrito del Rosario.

Sin embargo de que todas las salinas mencionadas ofrecen interés por su riqueza en sal, las del Puerto de Altata, las de Ceuta o Quevedo, y las del Huisache y Chametla, deben considerarse como las más importantes.

Las salinas de Ceuta o Quevedo, están ubicadas en la Bahía del mismo nombre y en el litoral de Sinaloa, del Golfo de California. Cerca de la extremidad Sur del estero que desemboca en la Bahía de Ceuta, se forma una ahusa abierta hacia el E. como de seis y medio kilómetros, y que lleva el nombre de Salinas de Ceuta.

Las salinas del Huisache, tienen su origen en las marismas comunicadas con la laguna del Caimanero, en la costa de Sinaloa al SE. de Mazatlán.

Las de Chametla, de producción muy abundante y calidad superior (98.2% de NaCl) se encuentran cerca de la desembocadura del río del Rosario y en medio de lagunas y de esteros navegables. El comercio de la sal y la inmensa cantidad de mariscos que se pescan, ocasionan el gran tráfico de canoas que hay en aquellas aguas.

Salinas de Tachichiltic: Se encuentran en la Isla del mismo nombre, que es la más meridional de las ubicadas en el estero de Playa Colorada (costa de Sinaloa, en el Golfo de California).

TEPIC

Con excepción de las salinas que se forman en las marismas llamadas de Olita,

al SW. de Acaponeta, que producen bastante sal de buena calidad, la extracción de sal a lo largo de la costa del Territorio de Tepic (1), tiene poca importancia en lo que respecta al monto de producción. Esto no obstante, las salinas del litoral de Tepic hasta hace pocos años, servían de aprovisionamiento a los indios del Nayarit, que cada año bajaban a surtirse de la sal necesaria para su consumo.

En la "Riqueza Minera de México, por el señor Ingeniero don Santiago Ramírez," se lee "Bolaños recibe la sal de San Blas," lo cual indica el relativo desarrollo que en otro tiempo tuvieron las salinas del litoral de Tepic.

ISLA MARIA MADRE

Esta isla, que es la más extensa e importante del archipiélago llamado Islas Marías, está situada a los 21° 36' latitud Norte y a los 7° 36' longitud Oeste de México y al Sur de la isla de San Juanito. Tiene 18.5 kilómetros de largo en dirección de NW. a SE. y una anchura media como de 7,240 metros y dista como unos 104.5 kilómetros del puerto de San Blas.

La principal riqueza de la Isla María Madre, consiste en las salinas situadas al SE., de las que se extrae anualmente una grande cantidad de sal de "cuajo" y de "beneficio" (2) que se remite al Puerto de San Blas para su distribución en el Territorio de Tepic, Jalisco y otros puntos del interior de la República.

La muestra de sal de beneficio proce-

(1) Después de la terminación del presente trabajo, y de acuerdo con la Constitución promulgada el 5 de febrero del año actual, el Territorio de Tepic ha sido elevado a la categoría de Estado, denominándosele ahora Estado del Nayarit.

(2) Se llama "sal de cuajo" o "sal marina," a la que se obtiene por la evaporación espontánea del agua del mar, y "sal de beneficio," a la que se extrae de las aguas de pozos o de lagunas interiores y a la que previamente hay que quitarle las otras sales solubles que siempre acompañan a la sal común; lo cual se lleva a cabo, bien por la evaporación solar o artificial.

dente de la Colonia Penal establecida en esta isla, que se analizó, dió un contenido de 96.67% de cloruro de sodio.

JALISCO

Este Estado contiene una inmensa riqueza salinera.

La distribución geográfica de sus salinas, según el orden de sus Cantones, es la siguiente:

Sayula o cuarto Cantón: Zacoalco, Tepetate, Poncitlán, Zapote, Atoyac, Techaluta, Tizapán y San Marcos.

Ameca o quinto Cantón: Ameca.

Atlán o sexto Cantón: Mescalís, Navidad, Chola, El Piloto y Cuajo.

Mascota o décimo Cantón: Paramán y Chamela (en el puerto del mismo nombre).

Tequila o duodécimo Cantón: Hostotipaquillo.

La Playa de Sayula, que constituye una región importantísima desde el punto de vista de su gran producción de sal, está situada al Sur de Guadalajara y abarca una extensión de 350 kilómetros cuadrados, formando una amplia zona desde Sayula hasta cerca de Santa Ana, que dista unos 63 kilómetros del primer lugar mencionado. En esta playa abunda también el "Cristalillo" (sulfato de sodio natural, que se representa por la fórmula Na_2SO_4 , y que en estado de pureza contiene 32.43% de Na) y como esta substancia sirve de intermediaria para la fabricación del carbonato de sodio por el procedimiento "Leblanc," la explotación de esta industria, tanto en Sayula como en otros lugares del país (Chichimequillas, en Villa de Cos, Zacatecas, por ejemplo) muy ricos en sulfato de sodio natural, rendiría grandes utilidades.

Después de Sayula, Atlán o sexto Cantón de Jalisco, por la gran producción de sal en sus costas, ocupa el segundo lugar, entre las regiones salineras del Estado.

La riqueza en cloruro de sodio, de las diferentes muestras comerciales que puede obtener de las principales salinas de Jalisco, es como sigue:

Sal de El Tepetate, cuarto Cantón, 94.95% de NaCl.

Sal de El Zapote, cuarto Cantón, 93.38% de NaCl.

Sal de Poncitlán, cuarto Cantón, 85.26% de NaCl.

Saltierra de la Playa de Zacoalco, cuarto Cantón, 8.7% de NaCl.

Sal de Mescalís, sexto Cantón, 96.86% de NaCl.

Sal de Navidad, sexto Cantón, 96.28% de NaCl.

Sal de Paramán, décimo Cantón, 98.02% de NaCl.

De suerte que la sal de Paramán, es la de mejor calidad, pero la producción es mayor en las salinas ubicadas en la Playa de Sayula.

(Las circunstancias de formación y concentración de la sal en estos lugares, se tratan ampliamente en la página número 15 de la parte relativa a la genética de la sal en México.)

COLIMA

Las salinas de Colima, que tienen su origen en las lagunas que ocupan todo el litoral del Estado, desde Manzanillo hasta la Boca de Apizo, han tenido siempre preferente interés, tanto por su considerable producción, como por la buena calidad de la sal que ahí se obtiene, la que es generalmente reputada como la mejor del país, no obstante que las salinas del Peñón Blanco en San Luis Potosí también dan productos tan buenos como los obtenidos en Colima.

En la Municipalidad de Manzanillo, del partido de Medellín, se encuentran las famosas salinas de Cuyutlán, las del Ciruelo, Cualata, Cualatilla y Palo Verde. En el mismo partido y en la Municipalidad de Tecomán, están ubicadas las salinas llamadas de Pascuales, del Real y de Guazango.

En el Partido del Centro y en la Municipalidad de Ixtlahuacán, se hallan las salinas de Tecuán, Guayabal, Carrizal y Caimán.

Existen también las conocidas con los nombres de Vega, San Sebastián y San Pantaleón.

En las muy importantes salinas de Cuyutlán se obtiene la sal por medio de la evaporación solar de las aguas contenidas en la laguna de Cuyutlán, llamada también de los Caimanes; extensa laguna ésta en las costas de Colima, separada del mar por una estrecha faja de tierra. Tiene una extensión de cerca de 50 kilómetros desde Manzanillo hasta muy cerca del río de la Armería, con el cual está unida por un canal de 12 kilómetros y de 8 metros cuadrados de sección. Por este canal se alimenta la laguna con las aguas del río, facilitando de este modo, en toda su extensión, la navegación de lanchas y botes.

En la jurisdicción de Manzanillo se extrae sal de suprema calidad, de las muchas lagunas poco profundas que existen a lo largo de la costa. El método empleado para la elaboración de la sal en estos lugares, además de ser esencialmente primitivo (como son la mayor parte de los procedimientos empleados en el país para la obtención de la sal común) ofrece ciertos detalles típicos dignos de mencionarse y mucha semejanza no sólo con el método de "concentración gradual" usado en Europa, sino principalmente con los procedimientos acostumbrados en las salinas de China y Filipinas, los cuales, hay que reconocer, producen la sal en estado de mucha pureza. En un lugar apropiado, generalmente en las partes más altas, sobre cuatro fuertes postes colocados verticalmente, se coloca zacate seco o paja hasta obtener un espesor de cerca de un metro, el cual sirve para filtrar la salmuera y quitarle la arcilla o tierra que pueda contener.

Este filtro de paja descarga en un reci-

piente o tanque hecho de piedra y argamasa. A un lado del filtro y tanque receptor de la salmuera, se construyen también de piedra los tanques de evaporación, los cuales tienen como 15 centímetros de profundidad y se dividen en cuadrados de unos 50 metros de superficie cada uno. Una capa de saltierra (como de un centímetro) se escarba diariamente de las respectivas tazas de estas lagunas.

Esta saltierra, que se conduce en canastos, se vacía al filtro de paja. El agua se filtra a través de la tierra y de la paja y ya muy saturada de sal pasa al tanque de depósito. De aquí y usando grandes vasijas de barro, se lleva la salmuera a los tanques de evaporación. El calor ardiente del sol evapora el agua y deja la sal pura, que se amontona en lugares expuestos al sol para secarse. Finalmente, se empaqueta en sacos y se transporta en mulas a los centros de distribución y de consumo. La manufactura de esta sal saca un costo de \$7.00 por tonelada y cuando menos se vende por el doble en los centros productores, aun cuando la sal haya alcanzado un mínimo de precio en el mercado.

Durante los tres meses que dura la cosecha de la sal, se producen como 15,000 toneladas. Naturalmente que con maquinaria apropiada, mucho mayor cantidad podría obtenerse con gran disminución en el costo de la elaboración, en la inteligencia que cualquier monto de producción, por grande que fuera, encontraría inmediata salida en el mercado.

Es de cerca de 150 kilómetros la extensión que ocupan en el litoral las salinas del Estado de Colima. En ellas se encuentran más de 1,200 pozos de agua salada, de los que se extrae también la sal por medio de la evaporación solar. En la industria de la extracción de la sal se emplean más de 6,000 obreros. La producción total de sal de mar y de beneficio en Colima bien puede estimarse en más de medio millón de pesos al año.

La muestra de sal comercial analizada dió un contenido de cloruro de sodio de 99.76%; así es que la suprema calidad de la sal de Colima, justifica plenamente la fama de que goza, pues puede competir con la mejor clase de sal (nacional o extranjera) que para usos domésticos se expende en el mercado.

En la Isla Clarión (del grupo de las Islas Revillagigedo, que pertenecen al Estado de Colima) y en las cercanías de la Bahía del Azufre, existe una pequeña laguna de agua salada.

Los Distritos mineros de Guanajuato, Angangueo y Tlalpujahua empleaban la sal de Colima para la metalurgia de sus minerales argentíferos. (Riqueza Minera de México, por el Ingeniero Santiago Ramírez.)

MICHOACAN

En el lago de Cuitzeo y en algunas ciénegas de sus contornos, se cosecha la sal, el tequesquite y el cristalillo. Las salinas de Araró y Tiquicheo, en el Distrito de Zinapécuaro y las de Coalcomán, producen bastante sal. Además, se encuentra la sal en Tajimaroa (Distrito de Zinapécuaro), en Apatzingán y en Carácuaro (cabecera de Municipalidad del Distrito de Tacámbaro) en las cercanías de Acuyó. Parece, sin embargo, que la producción del Estado de Michoacán, no es suficiente para cubrir las necesidades locales, pues importa sal de Colima y del Estado de Guerrero. Mucha de la sal que se extrae en las salinas del Potosí (del Estado de Guerrero) encuentra fácil mercado en Michoacán, donde el consumo es de alguna consideración, en virtud del desarrollo de sus industrias relativas a la preparación de la carne seca o cecina, de la alfarería y de las tenerías y fabricación de zapatos y objetos diversos de corambrería que ocupan lugar de importancia entre los artículos que exporta el Estado.

Algunos autores de Geografía, como García Cubas y Ruiz de Velasco, expre-

san que en el Distrito de Huetamo existen yacimientos de sal gema, pero nosotros no contamos aún con datos recientes de esta localidad.

GUERRERO

La producción de sal en este Estado, ha sido siempre de bastante consideración. Como consecuencia de las famosas bonanzas de las minas de Tasco, la industria de la sal en Guerrero (a igual que en los demás Estados mineros del país) (1), despertó desde los primeros tiempos de la dominación española grande interés, dando lugar tanto a la busca de depósitos salinos, como a la explotación de la sal.

En el Partido de la Unión y en el litoral del Pacífico, existen las salinas de Chatla y Camotla, así como las muy importantes llamadas de Apantla, ubicadas en la Hacienda de Ixtapa, en las márgenes del río de su nombre, y a unos 276 kilómetros al NW. del puerto de Acapulco.

En las costas del Partido de Galeana, hay salinas muy ricas, como las conocidas con el nombre de "Salinas del Potosí" (que distan como 76 kilómetros al NW. de Acapulco) formadas por la laguna del mismo nombre, que a su vez se forma por el río de Petatlán, en su desembocadura en el mar. Estas salinas producen grandes cantidades de sal de muy buena calidad, que se lleva a las regiones de la tierra caliente del mismo Estado y a Michoacán.

En el Distrito de Tavares, se encuentran las salinas de San Marcos, que son las más importantes del Estado, y que están situadas en el pueblo y hacienda

(1) Ya al tratar de la producción de sal en otros Estados (como en Campeche y Yucatán) se hablará del gran consumo de sal que todavía hace pocos años se hacía en las negociaciones mineras del país para la reducción de la plata, por medio del procedimiento metalúrgico de amalgamación llamado "Beneficio de patio."

de su nombre, a unos 84 kilómetros al Este de Acapulco y en un hermoso llano próximo al litoral del Pacífico. Las salinas propiamente dichas, se hallan en la llanura y cerca de las playas del mar. Su producción ha sido siempre de grandísimo rendimiento y la sal obtenida (según muestras analizadas) tienen una pureza en NaCl de 96.93%.

En el Distrito litoral de Allende, existen las salinas de Copala y en el Distrito de Zaragoza las de Islayutla en terrenos de Tlalapa, que probablemente fueron las primeras que se explotaron en Guerrero. Las salinas llamadas de Timbán, situadas al Sur de Coacoayul, en la costa occidental de Acapulco, son también dignas de mención por su gran producción.

“En el Distrito de Alarcón, entre Tlanacazapa y Coscatlán, hay dos manantiales de agua impregnada de cloruro de sodio.” (1)

Saint Clair Duport (en su obra sobre la producción de metales preciosos en México, París, 1843) al referirse a los centros proveedores de sal de los diferentes Distritos Mineros, dice al ocuparse del Estado de Guerrero: “Las minas de Tasco, Sultepec y Zacualpan, se proporcionan la sal de algunas lagunas que comunican con el mar cerca de Acapulco o de la evaporación de la agua salada contenida en algunos pozos del pueblo de Ahuiztlán, que está cerca de 15 leguas al NW. de Tasco.”

En la imposibilidad de dar datos estadísticos recientes acerca del valor y monto de producción de las salinas del Estado de Guerrero, bastará para formarse una idea de su riqueza, tan sólo en este elemento mineral, consignar que García Cubas da un valor de \$136,000 a la producción de sal en este Estado en el año de 1887.

Su valor ha aumentado considerable-

(1) Riqueza Minera de México por el Ing. de Minas Santiago Ramírez. Imprenta de la Secretaría de Fomento.—1884.

mente, sin que nos sea dable por el momento mencionar cifras exactas.

OAXACA

Oaxaca ocupa un lugar prominente entre los Estados productores de sal de la República. Sus salinas son muy extensas y de abundante producción. A este respecto deben mencionarse principalmente las ubicadas en el litoral del Pacífico, en los Distritos de Jamiltepec, Juquila, Pochutla, Tehuantepec y Juchitán. También en los Distritos interiores de Silacayoapan, Teotitlán, Teposcolula y Tlacolula, se encuentran salinas de alguna consideración.

Salinas existentes en los diferentes Distritos del Estado:

Jamiltepec: San Felipe Ixtapa, Pinotepe, Salina Grande, Salinitas, Casica, Descabezadero, Salina de Nanche, Monroy y Alotengo. De todas estas salinas, la más importante es la de Monroy (situada en la Municipalidad de Santa María Huazolotitlán) cuya producción anual es de unas 470 toneladas de sales de beneficio (como son todas las que se extraen de Jamiltepec).

Juquila: En Tutotepec se encuentran las salinas de la Pastoría y Salina Grande con producción anual aproximada de 350 toneladas de sal de beneficio.

Pochutla: En Huatulco y Cosualtepec, se hallan las salinas de Ixtapilla y la Escotilla, en donde anualmente se recojen como 460 toneladas de sal de beneficio.

Tehuantepec: Las salinas ubicadas en este Distrito, se pueden considerar como las más ricas del Estado de Oaxaca.

En Tehuantepec están las salinas de Salina Cruz, del Fraile y del Marqués (siendo esta última la más productiva), las salinas llamadas del Garrapatero, del Colorado y del Rosario se encuentran en Astata y la salina Punta de Agua en Huiotepec.

La producción anual de las salinas de Tehuantepec es de cerca de 2,300 tone-

ladas de sal de mar y de unas 350 toneladas de sal de beneficio.

Juchitán: Las principales y más ricas salinas situadas en este Distrito, son las de la Isla de San Francisco del Mar y la llamada "Salina Cruz de Estacada." Además, existen las de Dovagnichí y las de Guave. La producción anual de estas salinas monta a más de 3,500 toneladas de sal de mar.

Silacayoapan: Es muy generalizada la industria de la sal en este Distrito y constituye la ocupación casi exclusiva de sus habitantes. Como la sal que aquí se extrae procede generalmente de la evaporación de las aguas saladas contenidas en pozos, la producción no es muy abundante y el consumo de ella se limita a este Distrito donde la sal se emplea para satisfacer las necesidades domésticas, así como en la alfarería y en la conservación de las pieles. Las principales situadas en los respectivos pueblos que llevan el mismo nombre que éstas, son: Salinas de San Bartolo, de San Ildefonso, de Santa María y de San Pedro.

Huajuapán: En el pueblo y Municipalidad de Tezoatlán, San Juan Bautista, situado a 20 kilómetros al Sur de la cabecera del Distrito, se produce sal aunque en pequeña cantidad y que también procede de pozos.

Teposcolula: En el pueblo de San Felipe Ixtapa, perteneciente a este Distrito, existe la salina conocida con el nombre de "Llano de la Providencia," que produce sal de beneficio en cantidad únicamente necesaria para el consumo de sus habitantes.

Tcotitlán: Los nombres de las salinas comprendidas en este Distrito, son: Chalma, Escalera, Mojarasco, Paraje, Tlapilco y Nahuatltepec, en San Gabriel; Techunadí, en Cuautempa.

Tlacolula: En el pueblo y Municipalidad de Teitipac se produce una cantidad reducida de sal, que en total la consumen los habitantes de aquel lugar.

El valor de la producción de sal común en el Estado de Oaxaca, se puede estimar en unos \$100,000 anuales.

CHIAPAS

En Chiapas, la sal se extrae en grandes cantidades de las ricas salinas que existen en los Departamentos de Tonalá, La Libertad y Soconusco.

Las salinas de Tonalá se forman en el litoral durante las mareas equinocciales del Pacífico. Al retirarse el agua del mar, es decir, verificado el reflujo, aun quedan varias lagunas que por la filtración de sus aguas y principalmente por la evaporación solar, se secan dejando en el fondo la sal cristalizada de color blanco verdoso (coloración ocasionada probablemente por la clorofila contenida en los restos de algas marinas). La sal de esta localidad se emplea con ventaja para los ganados.

Las salinas de Custepeques: En las márgenes del río de la Hacienda del Rosario, en el Valle de Custepeques, brota un líquido rojizo que se recoge en pozos ad hoc durante el tiempo de secas (pues en el de lluvias se confunden estas aguas con las de la corriente del río) y que evaporada deja una sal impura conteniendo bastante fierro y algo de nitrato de potasio. El pequeño contenido de esta substancia en la sal, la hace excelente para la salazón de la carne.

La sal que proviene de los diferentes manantiales salados que se hallan cerca de los pueblos de Ixtapan y de Zinacatlán y de las salinas de Soconusco, se extrae por medio de la evaporación artificial y el producto resulta de bastante pureza en cloruro de sodio, por lo que de preferencia se emplea esta sal en los usos domésticos.

En el pueblo de Concordia, perteneciente al Departamento de "La Libertad," se encuentran varias salinas, de las que se extrae sal impura.

En las costas del Departamento de

Socomusco hay extensas salinas, entre las cuales merecen mencionarse las de las lagunas de Guayatengo y el Guamúchil o Huamúchil.

Por último, las salinas llamadas de Jalisco, aunque de regular producción, dan una sal bastante impura. (La muestra analizada procedente de estas salinas y que nos proporcionó el Museo Tecnológico Industrial de esta capital, contiene solamente 88.16% de NaCl.)

TAMAULIPAS

Las salinas de Tamaulipas (1) tanto en número como en producción, son de las más ricas de la República. Se encuentran en todo el litoral del Estado desde Matamoros hasta Tampico, así como en algunas lagunas interiores, en las que la concentración se efectúa por sí misma, no necesitándose de otro trabajo que el de ir a recoger la sal.

La abundancia de "marismas" (2) en

(1) *Antecedentes e historia de las Salinas de Tamaulipas.*—“En la Estadística de Tienda de Cuervo, de 1757, que sirvió a don Alejandro Prieto para formar el Estado General de la Colonia del Seno Mexicano, sus poblaciones y vecinos, etc., aparece que..... “Había, además, salinas que se explotaban desde los primeros principios de estas nacientes poblaciones, especialmente en Reynosa, que enviaba su sal a Nuevo León y a Coahuila; en Altamira, con cuyos productos de fácil y barata conducción, se surtían los pueblos de la Huasteca y Sierra Gorda; en Burgos, cosechándose por sus vecinos la sal de la laguna de San Lorenzo, formada por el Río o Arroyo del mismo nombre, a 8 leguas al Norte de la Villa; en Soto la Marina, aunque la falta de bestias de carga impedía a su vecindario llevar fuera su sal; en San Fernando, de donde era recogida por los de Aguayo, que la vendían en los pueblos de Charcas y del Sur de Nuevo León; en Escandón de la laguneta de Mesa Sola y en Mier. También los vecinos de Santillana acarreaban a Aguayo, Hoyos y hasta a Linares, sal de las lagunas de la costa. La sal, por último, se explotaba principalmente en Villerías (Altamira), no bajando sus productos de 10,000 cargas (18,180 hectolitros) a \$1.25 carga. En San Fernando y Soto la Marina se cosechaba también, rindiendo igual cantidad, pero la carga valía \$1.50.”

(2) Se da el nombre de marismas, a los terrenos bajos de la playa que se inundan con las aguas que rebosan del mar o de los ríos.

el Estado, permite que en las salinas en ellas formadas, baste retener el agua del mar entre los diques construídos artificialmente en los terrenos donde se extrae la sal, para que ésta "cuaje" luego que la marisma se seca, lo cual pasa cuando el viento que sopla del mar cesa y las aguas se retiran. (El mismo fenómeno se verifica en todo el litoral del Golfo, cuyas partes bajas de la playa se inundan con las aguas del mar cuando soplan los Nortes. De suerte que para la formación de las salinas en estos lugares, no es indispensable el concurso de las altas mareas.)

En las orillas de las lagunas que existen en las Municipalidades de Matamoros, San Fernando y Soto la Marina, hay grandes charcos de agua salada, en los que la sal se obtiene de la evaporación espontánea (evaporación solar) de dicha agua. Este procedimiento se sigue también en las salinas que se forman en las marismas de las Municipalidades de Altamira y Aldama.

Por último, se extrae sal, aunque en menor escala, en Guerrero (cabecera de la Municipalidad de su nombre, Distrito del Centro, en la confluencia del Río Salado con el Bravo y a 250 kilómetros al WNW. del puerto de Matamoros) y en Tula (cabecera del cuarto Distrito, a 163 kilómetros al SW. de Ciudad Victoria).

SALINAS DE ALTAMIRA

Entre todas las salinas del Estado de Tamaulipas, figuran en primer lugar las llamadas de Altamira, situadas en la Municipalidad de su nombre, a corta distancia al NW. de Tampico. Estas salinas producen anualmente como 15,000 toneladas de sal, pero a igual que lo que pasa con otras salinas del país, asegurado el consumo, podría obtenerse mucho mayor cantidad. El procedimiento usado en la elaboración de la sal es el de la evaporación solar y el producto resulta de muy buena calidad, pues contiene un 97.8% de NaCl.

Las fábricas de sal están en "Las Lomas" y ocupan una extensión como de 405 hectáreas dividida en lotes cuadrados de 200 metros por lado (que pertenecen a diferentes dueños) y los cuales se acondicionan debidamente para retener el agua del mar que durante los meses del invierno, el viento del Norte arroja a esta playa. Una vez cerradas las compuertas que dan acceso al agua del mar, queda ésta en los tanques ocupando una altura de 30 a 50 centímetros. En los meses secos del verano, esta agua encerrada se evapora y deja un depósito o costra de sal de 5 a 10 centímetros de espesor. Cada lote que como ya se dijo tiene una superficie de 4,000 metros cuadrados, produce de 30 a 50 toneladas de sal, que se embarca a varios lugares de la costa del Golfo. Las salinas de Altamira son también las principales proveedoras de sal de la parte central del país y las facilidades de transporte tanto fluviales (pues muchas salinas están situadas a inmediaciones de los ríos navegables) como marítimas y férreas, así como su buena calidad, la ponen en condiciones de competir ventajosamente con cualquiera otra región salinera del país.

En el mismo Estado de Tamaulipas (donde la cría de ganado es de mucha importancia, a causa de la buena calidad de sus pastos) consume mucha sal para la conservación de la carne y de las pieles que en gran cantidad se exportan.

VÉRACRUZ

En el territorio de este Estado no existen salinas de producción importante, la sal que ahí se consume viene de Altamira, Campeche y Yucatán.

En San Andrés Tuxtla, hay pozos de agua salada que son explotados por los indios. Estos pozos se encuentran en los depósitos miocénicos formados por arenas arcillosas de color gris azulado. La sal que de ellos se obtiene, tiene un color rosa violado, lo cual probablemente obe-

dece a su pequeño contenido de fierro, manganeso o a un estado de descomposición de algas que pueda contener.

En el Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística, tomo 6, 1872, página 167, y bajo el rubro de Asfalto y Sal Gema, se lee: "en agosto de 1844 se descubrieron pozos salados en las inmediaciones del pueblo de Moloacán, Distrito de Acayucan."

TABASCO

En el vecindario de Playas de Jiménez, del Municipio de Macuspana, existen en terrenos pantanosos y anegadizos, unos depósitos de sal. De allí la extraen los naturales de aquel vecindario y la elaboran por medio de la evaporación artificial. No la exportan, sino únicamente la aprovechan para su propio consumo. Estos depósitos son de grande importancia, abarcan aproximadamente unos mil kilómetros cuadrados, pero los transportes son muy difíciles, por lo que, ninguna compañía ha intentado explotarlos.

Además, según el Diccionario de García Cubas, se encuentra sal en el Arroyo de Ixtapangajoya.

CAMPECHE

Campeche es uno de los Estados de la República que con más abundancia produce la sal y ello constituye la principal riqueza mineral con que cuenta el Estado. Las salinas se encuentran en todo el litoral comprendido entre el puerto de Celestún (Yucatán) y el puerto de Campeche, pero las más importantes son las del Real de Salinas en la Municipalidad de Campeche, cuya producción anual varía entre 16 y 23,000 toneladas.

En el partido de Champotón, también se encuentran algunas lagunitas de agua salada.

La sal se emplea en este Estado, no sólo para los usos domésticos, sino también

para la conservación de las pieles de res y de venado que exporta en cantidades de alguna consideración. Campeche envía, sin embargo, la mayor parte de su producción de sal a los Estados de Tabasco y Veracruz y aun al mismo Distrito Federal.

Cuando en la Metalurgia de los minerales de plata, se usaba el "Beneficio de Patio," que consumía grandes cantidades de sal; los Estados de Campeche y Yucatán eran los principales proveedores de esta substancia, especialmente de las negociaciones mineras de Hidalgo, Puebla y Oaxaca.

Sobre las salinas ubicadas en la Isla del Carmen, que tienen bastante importancia, no tenemos datos recientes.

El análisis de una muestra de sal de mar que procedente de Campeche, me facilitó la casa de Calleja y Machín (de esta capital) dió un contenido de 98.38% de NaCl, que desde luego deja ver su buena calidad como sal comercial de primera clase.

YUCATAN (1)

Yucatán es uno de los Estados de la República que verdaderamente puede producir una cantidad ilimitada de sal.

Antes que adquiriera tanto desarrollo la explotación de la fibra del henequén y cuando el país consumía considerables

cantidades de sal para el tratamiento de los minerales de plata por medio del procedimiento de patio, la industria salinera en la península yucateca adquirió lugar prominente y proporcionaba a nuestra marina mercante nacional, el principal alimento del comercio de cabotaje en el Golfo.

La sal la conducían de Celestún a Veracruz, Tampico, Tuxpan, Alvarado, Nautla y otros puertos y de retorno llevaban víveres y artículos de producción nacional indispensables para la vida.

Los centros más importantes de producción salina en la península yucateca son Celestún (pueblo y puerto, cabecera de Municipalidad del Partido de Maxcanú), en el Estado de Yucatán, y el Real en el Estado de Campeche. Además, desde Celestún, siguiendo la costa hacia el NE. y el E., hasta Cabo Catoche, hay una faja de terrenos salinos naturales que pueden hacerse productivos a poco costo y trabajo. Desde tiempos muy atrás ha habido explotaciones en Chunloc, Chavilhua, San Crisanto, Cilan y Río Lagartos. (Este río, ubicado en la costa septentrional de Yucatán y conocido también con el nombre de Miorsinic, más bien que río podría considerarse como una laguna navegable para canoas: que tiene 16 kilómetros de E. a W. y una anchura como de 3,620 metros.)

Las salinas del Río o Laguna Lagar-

(1) *Antecedentes relativos a la grande importancia de las salinas de Yucatán:* Cuando a fines de 1881 se sintió en el país grande escasez de sal (elemento entonces tan indispensable para el beneficio de los metales) debido a que fuertes crecientes ocasionadas por vientos del Oeste inundaron los charcos de "cuajar sal," decreciendo con esto la producción de Campeche y Yucatán y el Gobierno nacional a insinuación de varias Diputaciones de Minería, se preparaba a declarar la libre importación de sal extranjera, los salineros y comerciantes de Yucatán hacían al Gobierno general una manifestación tratando de evitar que la Cámara de Diputados aprobara tal proyecto, en la cual, entre otros, asientan los siguientes hechos (que en sí mismos dan cabal idea acerca de la inmensa riqueza salinera de los Estados de Campeche y Yucatán): "En años buenos la producción de Celestún y el Real es

superabundante y no sólo basta para surtir a la República de sal a bajo precio, sino para *exportar* a la Habana y Nueva Orleans, quedando siempre un sobrante de un año para otro de 80 a 100,000 fanegas de 10 arrobas" (9 a 12 toneladas aproximadamente). "La extensión y virtud productiva de los terrenos salinos de la península yucateca, podrían rendir, con medios apropiados, más de *medio millón* de fanegas al año." (57,500 toneladas.) "La principal negociación de minas que consume nuestras sales es el Real del Monte, en Hidalgo. Puede estimarse su gasto en unas 300,000 arrobas anuales, o sean 150,000 para seis meses..... de donde se deduce que hay sal suficiente para satisfacer a Real del Monte durante dos años y medio o la bay para abastecer cuatro negociaciones más de la importancia de ésta durante 6 meses."

tos, son muy ricas y de excelente calidad, pero se trabajan en pequeña escala, más bien para consumo local, debido a no poder competir ventajosamente con la sal de Sisal y Celestún, por estar estos lugares más cercanos y causar, por lo tanto, fletes marítimos mucho más bajos. En la playa meridional de esta laguna sólo se explotan algunos pozos de sal, cuyo producto se conduce al puerto de Sisal en "bongos" (especie de canoas) que se cargan fuera de la barra, que no tiene casi agua. El señor Urbina, que como miembro de este Instituto estudió la Geografía Física del Estado de Yucatán, en la parte relativa de su informe, dice: "Desde la punta de San Joaquín hasta el Cuyo, la laguna deja entre ella y la playa una ceja de tierra cubierta de salinas;" aquí, como en San Fernando y otros lugares de Yucatán, donde se extrae la sal, *los charcos de cuajar sal*, o sean terrenos encajonados que encierran y limitan el agua saturada para que los rayos ardientes del sol la evaporen y ocasionen la cristalización de las sales que contiene, son de poca profundidad, por lo que presentando gran superficie de evaporación, así como su fácil comunicación con las aguas saladas de la laguna, permite que la explotación de las salinas se lleve a cabo en condiciones por demás favorables; pues como dice el señor Urbina, en algunos lugares como en el Cuyo, basta formar un pequeño dique de pilotes o estacas de madera para que esto dé lugar a la formación de un borde que permita incomunicar estas aguas con las de la laguna.

Las compuertas que ponen los industriales permanecen abiertas durante los meses de diciembre y enero y se cierran a principios de febrero. Las aguas encerradas quedan evaporándose durante febrero y marzo, lo que permite que la primera cosecha del año o "cosecha chica" se recoja en el mes de abril. La segunda o "cosecha grande," la hacen a fines de

julio siguiendo el mismo procedimiento. En Celestún y Chuburná, la explotación se hace lavando la tierra (una especie de arcilla impregnada de materias salinas) con las aguas pluviales y luego evaporan estas aguas. (1)

Las muestras de sal que se pudieron obtener procedentes de las salinas de Celestún, resultaron de bastante buena calidad, pues nos dieron 96.10%, 95.52%, 97.81% de cloruro de sodio respectivamente. (En el lugar correspondiente de este trabajo, figuran los análisis de estas sales.)

En la Isla de Mujeres (litoral oriental de la península yucateca) existen también algunas salinas, pero no conocemos su importancia.

CHIHUAHUA

El importante lago salado del Distrito de Camargo, conocido con el nombre de "Laguna de Jaco," está situado como a 97 kilómetros al Norte de la Sierra Mojada. Tiene como 8 kilómetros de largo, 800 a 3,200 metros de ancho y una superficie aproximada de unas 2,000 hectáreas. La pequeña población de San Francisco está cerca de la laguna y la hacienda de la "Compañía Anglo-Mexicana Explotadora de Sal," que es la dueña de estas salinas, está ubicada como a 5 kilómetros al Norte y 800 metros al Poniente de dicho pueblo. A corta distancia de la laguna se encuentra el lago salado de San Blas, que tiene una extensión como de 60 hectáreas. Además, al SE. de este lago y muy próximo a él, está otra laguna que abarca una extensión como de 40 hectáreas.

La profundidad mínima del agua en la Laguna de Jaco es de 90 centímetros y la máxima llega a alcanzar hasta 10 metros. Sus aguas, así como las de los

(1) Véase el Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, T. V, pág. 99. 1908.—Geografía física del Estado de Yucatán, por F. Urbina.

otros lagos mencionados, son muy saladas y contienen en solución de 23 a 30% de sales. De este contenido de materias salinas un 98 a 99.6% corresponde al cloruro de sodio. La costra de fango principalmente arcillosa que se forma en la superficie de la laguna, es de bastante espesor y contiene cloruro y sulfato de sodio, algunos álcalis y otras impurezas.

Las salinas de Jaco, propiamente explotadas, son susceptibles de adquirir una grande importancia. Hace algunos años que la Compañía inglesa propietaria de ellas, comenzó un terraplén con la idea de construir un ferrocarril desde Jiménez hasta los depósitos de sal. Dicho terraplén tiene una longitud de 65 kilómetros, pero desgraciadamente los trabajos se suspendieron y así han quedado hasta la fecha.

En la actualidad, la fuente principal de producción de sal en el Estado de Chihuahua, es la laguna de Palomas (en el Distrito de Jiménez) situada hacia los 27° de latitud Norte. El Ferrocarril Mexicano del Norte, que partiendo desde Escalón (sobre la vía troncal al Paso), va a la Sierra Mojada, pasa por la laguna y ahí mismo está la estación "Carrillo," donde se embarca la sal. En Palomas se extrae la sal valiéndose de la evaporación solar y el procedimiento de extracción es aquí por demás sencillo y económico. Como las aguas que contienen disuelta la sal están ya bastante saturadas (1) y se encuentran a muy poca profundidad, no es necesario que para su concentración pasen previamente a los tanques llamados de depósito, sino que directamente se hacen conducir a los cristalizadores que en estos lugares están formados por unas excavaciones que tienen aproximadamente seis metros de lar-

go por cuatro de ancho y uno de profundidad, obteniéndose por medio de la evaporación solar o espontánea (como ya antes se dijo) dos clases de sal comercial, la llamada "sal de primera," que contiene de 97 a 98% de cloruro de sodio y de 1.6 a 2.3% de sulfato de sodio y la "sal de segunda," que tiene un contenido de 89 a 90% de cloruro de sodio y como 8 a 9% de sulfato de sodio. En vista de la composición de esta última sal, su empleo para el ganado resulta benéfico.

Según datos proporcionados bondadosamente por la gerencia de la Compañía inglesa denominada "The Salinas of Mexico Limited," (1) poseedora de las salinas de Palomas, la producción de sal en 1914 fué de 2,849 toneladas y la de 1915 de 2,657 toneladas. Aunque Palomas puede producir anualmente más de 7,000 toneladas, no es posible fijar un promedio de rendimiento, debido a que la evaporación de las salmueras se efectúa por el calor solar y las condiciones locales físicas y climatológicas a que está sujeto este procedimiento no siempre son del todo favorables.

Por otra parte, la producción se ha mantenido de acuerdo con la demanda, que bastante ha disminuído desde que dejó de emplearse en el país el sistema metalúrgico "de patio" que consumía inmensas cantidades de sal para la reducción del contenido de plata en los minerales.

La sal de Palomas surte a los Estados de Chihuahua, Durango y Coahuila.

En el Distrito de Bravos hay también varios depósitos de sal, pero aunque su explotación ofrece buena expectativa, hasta ahora no ha sido objeto de atención ni trabajo alguno.

(1) Composición media de las aguas contenidas en las Salinas de Palomas:

NaCl	65	gramos	por	litro.
Na ₂ SO ₄	22	"	"	"
Na ₂ CO ₃	05	"	"	"

(1) Esta Compañía, constituida con un capital de \$3,250,000, es dueña de las principales salinas de nuestro país, tales como las de Palomas, en Chihuahua; las de Viesca, en Coahuila; las de Santa María, Villa de Cos, Santa Ana y Salitral por Guadalupe, en el Estado de Zacatecas; las del Peñón Blanco y de El Tapado, en San Luis Potosí y las de Cuyutlán, en Colima.

En la lista de todas las Compañías Mineras existentes en el Estado de Chihuahua formada por Griggs en 1908, además de mencionar la Compañía "The Salinas of Mexico Limited" (de que ya nos hemos ocupado), aparece el nombre de "Negociación Salinera de Palomas," de cuya empresa no tenemos datos que consignar. Por último, el señor Ingeniero don Santiago Ramírez, en su obra "Riqueza Minera de México" varias veces citada y en la parte relativa a Salinas, dice: "También el Estado de Chihuahua, contiene salinas, y en 1882 se organizaron los trabajos conducentes a la explotación de las salinas de "Santa Eduwigis," pero tampoco estamos en posesión de datos o antecedentes referentes a estas salinas.

COAHUILA

Al Norte de la Villa de Viesca y en el Distrito del mismo nombre, existe la laguna llamada de Viesca o del Alamo, que no es permanente, sino que se forma cuando hay fuertes avenidas del río Aguanaval, que la alimentan y que llevan en solución cantidades variables de materias salinas.

La naturaleza del terreno calichoso y salino de aquellas regiones tan abundantes en arcillas muy impregnadas de materias salinas, ocasiona que durante la temporada de lluvias, las infiltraciones de las aguas a través de estos terrenos, disuelvan las sales solubles contenidas en ellos y en las secas al evaporarse estas aguas, ya bastante saturadas, dejen depósitos de sal y sulfato de sodio, etc., de alguna consideración.

Las salinas de Viesca se explotan desde 1899, cuando la industria de la extracción de la sal, recibió gran impulso debido a los bajos fletes establecidos por los ferrocarriles que pasan cerca de ahí. Las salinas distan 10 kilómetros del Ferrocarril Coahuila y Pacífico y se explotan haciendo excavaciones que se designan con el nombre de "charcos" y

que varían mucho en sus dimensiones, llegando algunas a tener 80 metros de largo, 10 a 15 de ancho y una profundidad máxima de 12 metros.

El cristalillo o sulfato de sodio natural, es también muy abundante en Viesca y terrenos circunvecinos.

La composición media de las salmueras en la región salinera de Viesca es de 58 a 60 gramos por litro, de cloruro de sodio y de 67.5 a 70 gramos por litro, de sulfato de sodio. Contienen también cantidades pequeñas de carbonato de sodio.

La sal que elabora la Compañía inglesa "The Salinas of Mexico Limited," que es propietaria de una parte de las salinas de que nos ocupamos, contiene 85.1% de cloruro de sodio y 10.8% de sulfato de sodio.

Según datos proporcionados por esta Compañía, la producción de sus salinas de Viesca en 1914 fué de 740 toneladas y en 1915 de 965 toneladas que se consumen en los Estados de Durango y Coahuila.

Existen además, en el Distrito de Monclova, las lagunas saladas de La Mula y de La Leche. La primera ubicada cerca del rancho de Jarita, se forma por el desagüe en ella del Arroyo de San Francisco, que baja de la Sierra Planchada; y la segunda se halla al Norte de la Sierra de la Víbora y al Poniente de la de Madera. Estas dos lagunas que se alimentan principalmente de las aguas de las lluvias, se hacen saladas por la disolución de los carbonatos, sulfatos, y cloruros de las tierras, habiendo, como es natural, más concentración de sus depósitos salinos debido a largos períodos de evaporación.

NUEVO LEON

Este Estado se provee de la mayor parte de la sal que necesita, de las salinas existentes a lo largo de la costa de Tamaulipas.

Con excepción de las salinas de Sabi-

nas (1) y aunque en ciertos lugares como en la Municipalidad de Bustamante, abunda la sal; esta industria hasta ahora en Nuevo León no ha sido objeto de explotación alguna digna de mencionarse. A ella solamente se han dedicado y en muy pequeña escala, las gentes más pobres.

Carecemos de datos referentes a la naturaleza y a la importancia que puedan tener las salinas de Nuevo León y una visita de exploración a fin de dar a conocer y fijar las posibilidades de explotación de dichas salinas, sería muy conveniente.

En la Reseña Geográfica y Estadística del Estado de Nuevo León, publicada en 1910 (2) en la nota 1, de la página 28, se lee: "algunas salinas se explotan en grande escala, como por ejemplo las de La Minita de don Pablo de los Santos." Es de lamentar que no se consigne dato alguno relativo a la ubicación, producción, etc., de esta salina.

DURANGO

La producción de sal en este Estado es de muy poca importancia y se puede decir que toda la sal que consume procede de las salinas de Palomas (en Chihuahua) y de las de Viesca en Coahuila.

Sin embargo, cuando el mineral de Proaño en Fresnillo, estaba en pleno florecimiento, mucha de la gran cantidad de sal que se requería para el tratamiento de sus minerales se llevaba de un punto de Durango, llamado El Alamo, donde la explotación de la sal llegó a tener bastante importancia.

En el Partido de Mazapil se encuentra la sal con abundancia en numerosos charcos y lagunas temporales, pero no son objeto de regular explotación, sino que solamente se trabajan en pequeñísima escala.

(1) En la Región Salina de Sabinas en 1903, una Compañía americana gastó infructuosamente fuertes cantidades en la exploración de yacimientos de sal gema.

(2) Librería de la Vda. de Bouret de esta Capital.

ZACATECAS

En el partido de Fresnillo se encuentran las siguientes salinas: Santa Ana, Chichimequillas, Villa de Cos, El Agrito, Santa María y San Cosme.

Todas ellas son susceptibles de grandísima producción, pero a este respecto, las salinas de Villa de Cos son las de mayor rendimiento y la sal de mejor calidad es la que se elabora en las salinas de Santa María y El Agrito.

También en la cuenca salada de Villa de Cos, el sulfato de sodio natural, conocido vulgarmente con el nombre de "cristalillo," se puede extraer en cantidades enormes, principalmente en Chichimequillas y San Cosme. (1)

La presencia de inmensas cantidades de sal en estas lagunas, se explica fácilmente, por ser todas formadas en lechos temporales de aguas acumuladas anualmente en cuencas sin salida.

Aun no se han hecho las exploraciones necesarias para fijar la profundidad máxima de la muy importante cuenca salina de Fresnillo y sólo se sabe que hacia el Oriente va aumentando en espesor. (2)

Las aguas saladas de la laguna de Santa María contienen por término medio de

(1) A mediados del año de 1910 y a iniciativa del señor Ing. D. Francisco de P. Zárate, se había ya organizado con capital mexicano una fuerte compañía para la fabricación del carbonato de sodio por medio del procedimiento "Leblanc," empleando como materia prima los inmensos depósitos de sulfato de sodio que existen en la cuenca salina del Partido de Fresnillo. Las circunstancias especiales por las que desde entonces ha atravesado el país, han aplazado la realización de tan interesantes trabajos.

(2) Ya que desgraciadamente se carece de información más reciente sobre reconocimientos llevados a cabo en la cuenca salina de Fresnillo, bastará para dar una idea de su riqueza en sal, consignar los siguientes datos obtenidos personalmente por los extintos ingenieros de minas don Pascual Arenas y don Francisco de P. Zárate. Este último señor, cuando estaba al frente de las salinas de Chichimequillas, reconoció la formación salina hasta 60 metros de profundidad. El señor Arenas exploró las salinas de El Agrito hasta alcanzar 70 metros de profundidad sin tocar las capas de la formación primaria. La Compañía propietaria de las salinas del Peñón Blanco, que forman la continuación de las de Villa de Cos, ha hecho exploraciones a mayor profundidad de 200 metros encontrándose siempre las capas horizontales de la formación salina.

103 a 108 gramos por litro de NaCl y de 35 a 40 gramos por litro de sulfato de sodio. Las de San Cosme tienen de 66 a 68 gramos por litro de NaCl; de 65 a 70 gramos por litro de Na_2SO_4 y de 2 a 3 gramos por litro de Na_2CO_3 .

Las ricas salinas de Villa de Cos, que distan 75 kilómetros de Fresnillo, abarcan una superficie de cerca de 150,000 metros cuadrados. En ellas existen más de 300 pilas que corresponden a 40 fábricas establecidas en los siguientes lugares: Bajío de la Cofradía, Laguna Alta, Laguna Baja y Bajío del Vidrio.

Los procedimientos de extracción de la sal de las salinas del partido de Fresnillo, como en las de Santa María por ejemplo, son enteramente primitivos y sencillos. Los pozos se perforan en la tasa misma de las respectivas lagunas. Estas excavaciones generalmente encuentran el agua a unos 4 ó 5 metros de profundidad y como el terreno no es muy compacto, requieren una ligera fortificación con madera (usándose por lo general mezquite). Algunas veces, con el objeto de evitar el derrumbe, se abren tajos de talud suficiente y se conduce el agua por canales de madera, hasta los tanques de concentración.

De los pozos se extrae el agua salada valiéndose de ruedas de cubos movidas por hombres o mulas.

Después, la concentración de la salmuera se lleva a cabo en grandes estanques de 3,000 a 5,000 metros cuadrados de superficie y 40 centímetros de profundidad. La sequedad del aire favorece mucho esta operación. La costra de sal que se forma se quita de los tanques de evaporación de la laguna por medio de palas y se amontona para que se acabe de secar. La sal ya seca, adquiere la consistencia de una roca, por lo que es necesario emplear el zapapico para desprenderla. Como las soluciones salinas están muy concentradas y la resequeadad del aire es excesiva, siguiendo este procedimiento,

no es necesario recurrir al empleo de construcciones *formadas de enramadas para acelerar la concentración.*

La sal llamada de primera que se elabora en las salinas de Santa María, tiene de 91 a 92% de NaCl y de 5 a 6% de sulfato de sodio.

La sal de segunda, que es bastante impura, contiene como 70% de NaCl y un 27 a 28% de sulfato de sodio.

La composición de la sal común, elaborada por medio de la evaporación solar, varía mucho y puede obtenerse muy pura y de composición muy uniforme cuidando solamente de separar el cristalillo, cuando la temperatura del ambiente lo permite, o bien dejando que caliente un poco el día para que al disolverse el sulfato de sodio quede la sal enteramente limpia. Por esta razón encontré en las dos muestras de sal procedentes de San Cosme, que mientras una contenía solamente 86.2% de NaCl, la otra dió un contenido de NaCl de 97.24%.

"The Salinas o Mexico Limited" (cuyas oficinas centrales están en la ciudad de San Luis Potosí), posee, con excepción de las de Chichimequillas, todas las principales salinas del partido de Fresnillo, pero actualmente no las trabaja, debido a estar bastante distantes de la vía férrea y bastar al presente para atender a la demanda que se le hace de sal, la explotación de las otras salinas propiedad de esta Compañía (que se han ido mencionando sucesivamente en esta distribución Geográfica), que reúnen mejores condiciones para su explotación.

Las aguas termales de Ojocaliente, de Santa Cruz en Fresnillo y las de Atonilco en Sain Alto, contienen cloruro de sodio. También en el partido de Pinos abundan los depósitos de agua salada, los cuales se extienden hasta las salinas del Peñón Blanco en San Luis Potosí.

Por último, en el rancho de la Laguni-lla, en la Municipalidad de Sombrerete, se encuentra también la sal.

AGUASCALIENTES (1)

En este Estado no se produce la sal, sino la que se consume proviene de las salinas del Peñón Blanco y de El Tapado, en San Luis Potosí.

Igualmente, cuando las salinas de Fresnillo en Zacatecas han estado en explotación, mucha de su producción se consumía en Aguascalientes.

SAN LUIS POTOSI

Una de las características naturales de este Estado, es la existencia en su territorio de un gran número de lagunas de agua salada.

La región donde están situadas la mayor parte de estas lagunas ha recibido por tal circunstancia, el nombre de Valle del Salado y se encuentra al NW. del Estado, sobre el descenso que tiene hacia el Norte la Mesa Central. El terreno de que nos ocupamos es una región de bolsos o de cuencas cerradas más o menos extensas, donde se acumulan temporalmente y se evaporan las aguas fluviales, y como además, los materiales que transportan estas aguas impermeabilizan los terrenos, dichas aguas, en consecuencia, quedan en su mayor parte expuestas a la evaporación solar, facilitando al mismo tiempo la impregnación salina de las tierras de los fondos de las lagunas y charcos temporales que se forman en aquella región. En las lagunas saladas mencionadas, se depositan preferentemente carbonatos, cloruros y sulfatos de

sodio y en menor cantidad otras sales no menos aplicables en la industria.

Las principales lagunas saladas de San Luis Potosí, son: Santa María del Peñón Blanco, Zacatón, Mambelas, Carmen, Laguna Blanca, Santa Clara, Santo Domingo, Zaldívar, Hernández y la Doncella, en los Municipios de Salinas, Ramos y Santo Domingo. También deben mencionarse las del Tequesquite, en el Valle de San Francisco; Tabasachique y Lagarto, en Tanlajas; Laguna Grande, en Villa de Valles; Tancuayalao, en el Municipio del mismo nombre; Laguna Vieja y Patos, en Río Verde; Escondida, Pastores, Tortugas, Sanguijuela Grande y Sanguijuela Chica, en Lagunillas, partido de Hidalgo; Babuleca, Amapolas y Lagunita, en el Cedral; Laguna de Sangre, en Alaquines; las de El Tapado, en Zamorelia, y las de Cornejo, en Concordia.

Los manantiales salinos más importantes donde se encuentran las llamadas salinas del Peñón Blanco, están ubicados en Salinas, estación del antiguo Ferrocarril Central Mexicano, en su ramal de San Luis Potosí a Aguascalientes, como a 90 kilómetros al NW. de la capital. Los manantiales tienen una elevación aproximada de 2,316 metros sobre el nivel del mar y están situados en un pequeño valle arenoso y de material calcáreo que evidentemente formó el fondo de un antiguo lago. La formación de los cerros circunvecinos es de caliza cretácica, granitos y otras rocas eruptivas. Aunque ya se ha dicho que el agua salada se encuentra en todos los terrenos, que comprenden grandes extensiones en todos los contornos de estos lugares; los manantiales de salinas ocupan solamente una superficie como de 250 hectáreas.

La altura del agua contenida en la laguna de Salinas jamás pasa de unos tres centímetros y algunas veces que por completo se seca, deja en la superficie una costra de materia salina.

El agua salada que originalmente con-

(1) Como se sabe, Aguascalientes debe su nombre a los numerosos manantiales de aguas termales comprendidos dentro de su territorio. Los principales son: los inmediatos a la capital y los de San Nicolás de la Cantera, en el Partido de Aguascalientes; los de Ojo Caliente y Ojo Calientillo, cerca de Calvillo (que son los más abundantes) y los de Colomo, a corta distancia de Rincón de Romos; todos los cuales *contienen cloruro de sodio* en cantidades apreciables, pero probablemente no suficientes para ser costeable de estas aguas la extracción del cloruro de sodio.

tiene de 7% a 8% de sal, (1) se extrae de los pozos practicados al efecto, cuyas excavaciones comúnmente se designan con el nombre de "norias" y las cuales tienen de 8 a 12 metros de profundidad, por 4 de ancho y 1.5 de largo. Por medio de molinos de viento y ruedas de noria (30 molinos de viento con bombas de 4 pulgadas, son los que en la actualidad posee la Compañía "The Salinas of Mexico Limited," dueña y explotadora de las salinas del Peñón Blanco) se deposita esta agua en grandes tanques de concentración, cuyo tamaño varía según sean las condiciones o naturaleza de los terrenos donde se construyen. Algunos tienen 50 metros de largo por 25 de ancho y en todos se tiene especial cuidado en que sus pisos, generalmente hechos de "matacán" (2) sean en lo posible impermeables, para evitar toda filtración. Cuando el agua alcanza una concentración como de 18° del Aereómetro Baumé, se le hace pasar a los tanques cristalizadores (vulgarmente llamados "pilas cuajadoras") contruídos de piedra y que tienen por término medio una superficie de 40 metros cuadrados.

Cuando la salmuera llega a unos 26 ó 27° Baumé, la sal comienza a depositarse. A fin de acelerar la concentración, se agita la salmuera con unas escobas de zacatón. La sal que se obtiene con este procedimiento, es muy pura, pues la lla-

(1) A seis metros más abajo del nivel del agua en las norias, disminuye el grado de saturación de la salmuera y el contenido de sal desaparece por completo a los 30 metros de profundidad.

Agua potable se encuentra en la localidad, a una profundidad de unos 180 metros aproximadamente.

(2) El término "matacán," se aplica a los fragmentos de ladrillo o de piedra y demás materiales desechados o quebrados que se usan en la albañilería y que son muy propios para rellenar toda clase de cavidades en las construcciones o para hacer suelos "apisonados," en los que las filtraciones del agua se eliminan casi por completo.

mada "sal de primera" (1) llega a contener hasta un 99.76% de NaCl, la de segunda de 97 a 98% de NaCl y la de tercera de 96 a 97%.

Las "sales de costra," o sean los productos naturales de las eflorescencias en aquellas salinas, tienen (según las muestras que para su análisis me remitió la Compañía Explotadora de las Salinas), de 82.94% a 92.22% de NaCl y el resto de su composición lo constituye el sulfato de sodio principalmente, así como pequeñas cantidades de agua, materia insoluble (compuesta de arcilla o materia terrosa) y carbonato de sodio. (2) En invierno, la sal, al formarse, queda mezclada con algo de sulfato de sodio, el cual, para eliminarlo, basta con esperar que caliente un poco el día, para que el sulfato de sodio se disuelva y deje a la sal casi exenta de esta substancia.

El sulfato de sodio natural o "cristalillo," procedente de esta gran cuenca salina, según la muestra bien seca que se me remitió, contiene 93.96% de Na_2SO_4 .

El efecto de la intemperie sobre la cristalización de la sal merece mencionarse. Cuando el ambiente está seco se

(1) La *sal de primera* o sal fina se obtiene haciéndola pasar tal como resulta de la evaporación por molinos especiales que la pulverizan finamente. Su calidad es tan buena para usos domésticos como la mejor extranjera, y tanto por su buena clase como por su buena presentación, generalmente se le considera como de procedencia americana (Luisiana o de Texas). Se le encuentra en el mercado perfectamente empacadas en saquitos de uno y medio kilo respectivamente (para este empaque la Compañía inglesa, dueña de las Salinas de Peñón Blanco, usa de una máquina movida por gasolina y con una capacidad diaria de 20,000 saquitos).

La *sal de segunda* encuentra su empleo en las casas empacadoras y la *de tercera*, se usa para el ganado mayor, menor y caballar; para preparar las pieles para la depilación, etc., etc.

(2) En la parte de este trabajo relativa a Análisis de las sales mexicanas, figuran los correspondientes a las aguas y a las diferentes sales que se producen en las Salinas del Peñón Blanco.

producen cristales grandes (1) y muy bien definidos. En cambio, en tiempo lluvioso o cuando sopla viento húmedo, la sal cristaliza en grano fino y por último, el agua de las lluvias, al diluir las salmueras, disminuye la saturación de éstas, o si cae en bastante cantidad, ocasionará que la sal se mantenga en solución y que, por lo tanto, ya no cristalice.

El valor de las salinas del Peñón Blanco, que en 1906 pasaron a ser propiedad de la Compañía inglesa "The Salinas of Mexico, Limited" (que controla las principales salinas de nuestro país) se estima en \$1,500,000.

La producción media de sus fábricas (situadas todas ellas alrededor de las lagunas) llamadas Guadalupe, San Agustín, Santa Ana, San Ramón, San Gaspar, Santa Rosa, San Antonio, Rincón y Canela, fluctúa entre 16 y 18,000 toneladas por año. Las fábricas están unidas entre sí, por una vía férrea propiedad de la Compañía, la cual conecta en Estación Salinas con el ramal del Ferrocarril de San Luis Potosí a Aguascalientes.

La producción de sal de Peñón Blanco (2) representa como una DECIMA parte de la producción total de la República en tiempos normales. Sin embargo de esto, los depósitos y lechos de agua salada de estos lugares no trabajan a completa capacidad, pues su producción podría hacerse pasar de 100,000 toneladas de sal al año.

Cuando para el tratamiento de los mi-

(1) El tamaño de los cristales está en razón directa del grado de viscosidad de las mezclas en solución expuestas a la evaporación. De manera, que para obtener cristales de mayor tamaño, basta con aumentar la viscosidad, valiéndose de substancias que se llaman retardantes, como la goma, la glicerina, el jabón, etc.

(2) La Oficina Central de la Compañía en la ciudad de San Luis Potosí proporcionó los datos relativos a la producción de las Salinas del Peñón Blanco, que a continuación se mencionan:

Año de 1914	13,800.000 kilos.
" " 1915.....	12,695.000 "

nerales de plata se usaba en México el beneficio de patio, la producción de sal en salinas era mucho mayor, llegando hasta 45,000 toneladas anuales.

La Compañía Explotadora conserva en continuo empleo como a 400 hombres.

La sal de salinas del Peñón Blanco se consume y encuentra inmediato mercado en los Estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, México, Distrito Federal, Jalisco y Michoacán.

La gran cantidad de sal de primera que para usos domésticos consume la ciudad de México y que proviene de estas salinas, paga en tiempos normales como flete de ferrocarril \$5.93 por tonelada métrica y se vende a razón de \$40 a \$45 la tonelada.

Las salinas del Tapado en Zamorelia, de la misma Compañía, situadas en la Municipalidad de Moctezuma, del Partido del Venado, a unos 10 kilómetros al Poniente de la Hacienda de Cruces, en terrenos de la misma Hacienda y distantes como a 21 kilómetros al Norte de la Hacienda del Espíritu Santo, produjeron en 1914, 268 toneladas y en 1915, 217 toneladas de sal; cuya producción se vende allí mismo a los arrieros que van a comprarla de varias poblaciones de los Estados de San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas. El contenido de cloruro de sodio de la sal de primera que se extrae de estas salinas varía de 94 a 95% y la de segunda tiene una ley media de NaCl de 84.5%.

En los números 27, 28 y 29 del "Minero Mexicano," correspondientes al tomo IX del año de 1882, se encuentra el estudio que de las salinas de "El Tapado" y de la Laguna Salada de Hernández, hizo el señor Ingeniero de Minas don Joaquín M. Ramos y que da idea completa sobre el estado en esa época, de aquellas importantes salinas. Las salinas de El Tapado nunca habían sido explotadas antes de 1882.

GUANAJUATO

Aunque en este Estado existen grandes extensiones de terrenos salinos, la industria de la sal en Guanajuato hasta la fecha no ha sido motivo de explotación alguna que merezca mencionarse. Sin embargo, en su territorio abundan otras sales no menos importantes, tales como el tequesquite y el nitrato de potasio. (1)

La sal que este rico mineral necesitaba para el beneficio de sus metales, procedía de Colima o de las salinas del Peñón Blanco, y las de El Tapado en el Estado de San Luis Potosí. En la actualidad dichos lugares siguen siendo los proveedores de sal de esta región.

QUERETARO

Se encuentran salinas en Río Blanco, pueblo y mineral del Distrito de Tolimán; en Doctor, pueblo mineral y cabecera del Distrito de Cadereyta, y en las eminencias llamadas Pinal de Amoles, que forman parte de la Sierra Gorda.

Todas estas salinas, así como otras de muy pequeña importancia que existen en el Estado, no ofrecen hasta ahora interés industrial ni económico, pues su explotación se lleva a cabo en muy reducida escala para el abastecimiento doméstico de los nativos de esos lugares.

El Estado de Querétaro, que necesita importar la mayor parte de la sal que consume, la recibe (casi en su totalidad) de las salinas del Peñón Blanco, en San Luis Potosí.

(1) En la parte Sur de Guanajuato, como en Celaya, Salamanca y Valle de Santiago, hay tierras muy impregnadas de sosa, de donde se extraen grandes cantidades de tequesquite, que usan los fabricantes de jabón para sus lejías.

Al Norte de la Sierra de Guanajuato y en los Valles de San Felipe y San Judas, cuyo clima es esencialmente desértico, hay tierras muy salitrosas y que en ciertos lugares están muy impregnadas de nitrato de potasio que los habitantes de aquellos puntos usan para fabricar pólvora.

HIDALGO

En la Hacienda de Ulapa, de la Municipalidad de Tetepango, del Distrito de Tula, y otros lugares del Estado, existen pequeñas salinas prácticamente sin importancia, pues el Estado se provee de la sal que necesita, de las salinas del Peñón Blanco, tantas veces mencionadas en el curso de esta Distribución Geográfica.

MEXICO

Se encuentra la sal en Texcoco (1), en la jurisdicción de este Estado, en el pueblo de Temascalcingo, del Distrito de Ixtlahuaca; en Cuautitlán, en Ixtapan de la Sal, en la Municipalidad de Tonatico y en el rancho llamado Agua Amarga, pertenecientes al Distrito de Tenancingo.

Hablando en términos generales, se puede decir que toda la región Norte del Estado y principalmente en los lugares cercanos a sus lagos y lagunas, existen varias salinas de alguna capacidad. Sin embargo, la explotación de las salinas del Estado de México, con excepción de las de Ixtapan de la Sal, se lleva a cabo en muy reducida escala y tan sólo por los indígenas de los pueblos ubicados en o cerca de dichas salinas.

Las salinas de Ixtapan de la Sal en la Municipalidad del mismo nombre, Distrito de Tenancingo, han estado en constante explotación desde hace mucho tiempo. Cuando los importantes minerales de Zacualpan y Sultepec consumían alguna sal para la reducción de la plata en el procedimiento de patio, las salinas de Ixtapan de la Sal producían cantidad suficiente, tanto para el total abastecimiento de los minerales mencionados, como para satisfacer las necesidades locales en los usos domésticos, alfarería y conservación de la carne y de las pieles.

(1) Como la explotación y el comercio del tequesquite y de la sal común en el Lago de Texcoco se lleva a cabo en su mayor parte en la jurisdicción del Distrito Federal, bajo este rubro tratamos de la región ocupada por el citado Lago.

etcétera, de todos los lugares del Sur del Estado.

A una distancia al Norte, como de kilómetro y medio del pueblo de Ixtapan, se halla el cráter de un volcán extinguido, que hoy forma el lecho de un lago profundo cuya agua es salada y sulfurosa. Se dice que de este cráter salen varios canales subterráneos, unos con dirección al W. y otros al S. Los que siguen su curso al Poniente y a una distancia como de 800 metros de su lugar de origen, brotan formando los célebres baños de esta localidad. Los que toman su dirección al Sur, atraviesan por debajo del suelo del pueblo de Ixtapan, brotando dos de ellos en el mismo pueblo y los otros once restantes, en diferentes lugares distantes algunos de ellos hasta 4 kilómetros de su punto de partida. Los habitantes de Ixtapan de la Sal y de Tonatico, extraen de estas aguas la sal común.

MORELOS

Morelos importa principalmente del Distrito Federal y del Estado de México toda la sal que necesita, la cual se emplea, además de los usos domésticos, para la tenería, conservación de pieles y de la carne (cecina) y para la alfarería.

PUEBLA

En el Estado de Puebla se encuentra la sal en los siguientes lugares:

Distrito de Chalchicomula, Municipalidad de San Nicolás del Malpaís.

Distrito de Acatlán, Municipalidad de Piaxtla.

Distrito de Chiautla, Municipalidad de Chila.

Distrito de Tehuacán, Municipalidad de Tehuacán y de Zapotitlán.

Distrito de Huachinango, pueblo de Ixtatlán, perteneciente a la Municipalidad de Tlacuilotepec.

Los famosos manantiales de Tehuacán contienen, además de sulfatos, carbonatos y boratos de sodio, una gran cantidad de cloruro de sodio.

Según el análisis del agua procedente del manantial de San Antonio de las Salinas, que se hizo en el Laboratorio de Química del Instituto Geológico Nacional, un litro de esta agua contiene 50.299 gramos de materia mineral en solución, de cuya cantidad el cloruro de sodio está en una relación de 70.29%, es decir, el litro de agua tiene 35.357 gramos de NaCl.

No fué posible por ahora, en vista de la situación por que ha atravesado el país, obtener (en este caso, como en otros) mayores datos sobre las salinas, ni sobre el monto de producción de sal en el Estado de Puebla; pero puede asegurarse que produce lo suficiente para satisfacer su gran consumo, que aparte del doméstico, incluye la cantidad necesaria para la conservación de las pieles de chivo que exporta en grandes cantidades y para abastecer a la industria alfarera, que ahí se encuentra tan desarrollada.

TLAXCALA

En caso de producirse sal en este Estado, la industria salina se limitará a su elaboración en pequeña escala en los pueblos indígenas donde la climatología y naturaleza de los terrenos sean para ello apropiados.

Probablemente toda la sal que consume proviene de la capital de la República, que a su vez la recibe, como ya se ha dicho, de las salinas del Peñón Blanco, de Altamira, de Campeche y Yucatán o de puntos del Estado de Puebla.

DISTRITO FEDERAL

En el lago de Texcoco se encuentran muy grandes cantidades de sal común mezcladas con sulfato y carbonato de sodio y materias animales albuminosas y gelatinosas. Además, en la gran cuenca de México quedan aún vastas áreas saladas que todavía hace unos 300 años estaban ocupadas por agua salada.

Estas sales provienen de las montañas

circunvecinas, (1) las que o bien son de origen volcánico o al menos están cubiertas de gruesas capas de lava procedentes de los numerosos volcanes extinguidos que tanto abundan en esta región, sobre todo en la parte occidental. El intemperismo descompone poco a poco estas lavas (que comúnmente reciben el nombre de tezontle) y finalmente las aguas de las lluvias disuelven las partes salinas solubles que van a depositarse en el lago. Por esta razón, las aguas son más saladas al principio de la estación de las lluvias que al fin de ellas.

Los cloruros y materias fosfatadas, aluminosas y gelatinosas que llevan las aguas que van a depositarse en el lago, provienen de las substancias orgánicas disueltas o mantenidas en suspensión, en las aguas de desecho de la ciudad de México.

Valiéndose de métodos enteramente primitivos e imperfectos, los indios elaboran alguna sal bastante impura que contiene a veces de 20 a 30% de sulfato de sodio, la cual consumen ellos mismos o la expenden en los mercados de la capital.

El industrioso e inteligente colono de Texcoco, don Guillermo Hay, en 1866, implantó la fabricación de diferentes sales de sodio, en cuya empresa obtuvo el mejor éxito; pero desgraciadamente no ha habido persona que después del mencio-

nado señor, haya proseguido en tan importante y lucrativa industria.

La elaboración de la sal común en el lago de Texcoco presenta grandes dificultades, debido a la presencia en sus aguas de grandes cantidades de materias animales, que no sólo impiden la cristalización, sino que cuando se encuentran en exceso, la estorban del todo.

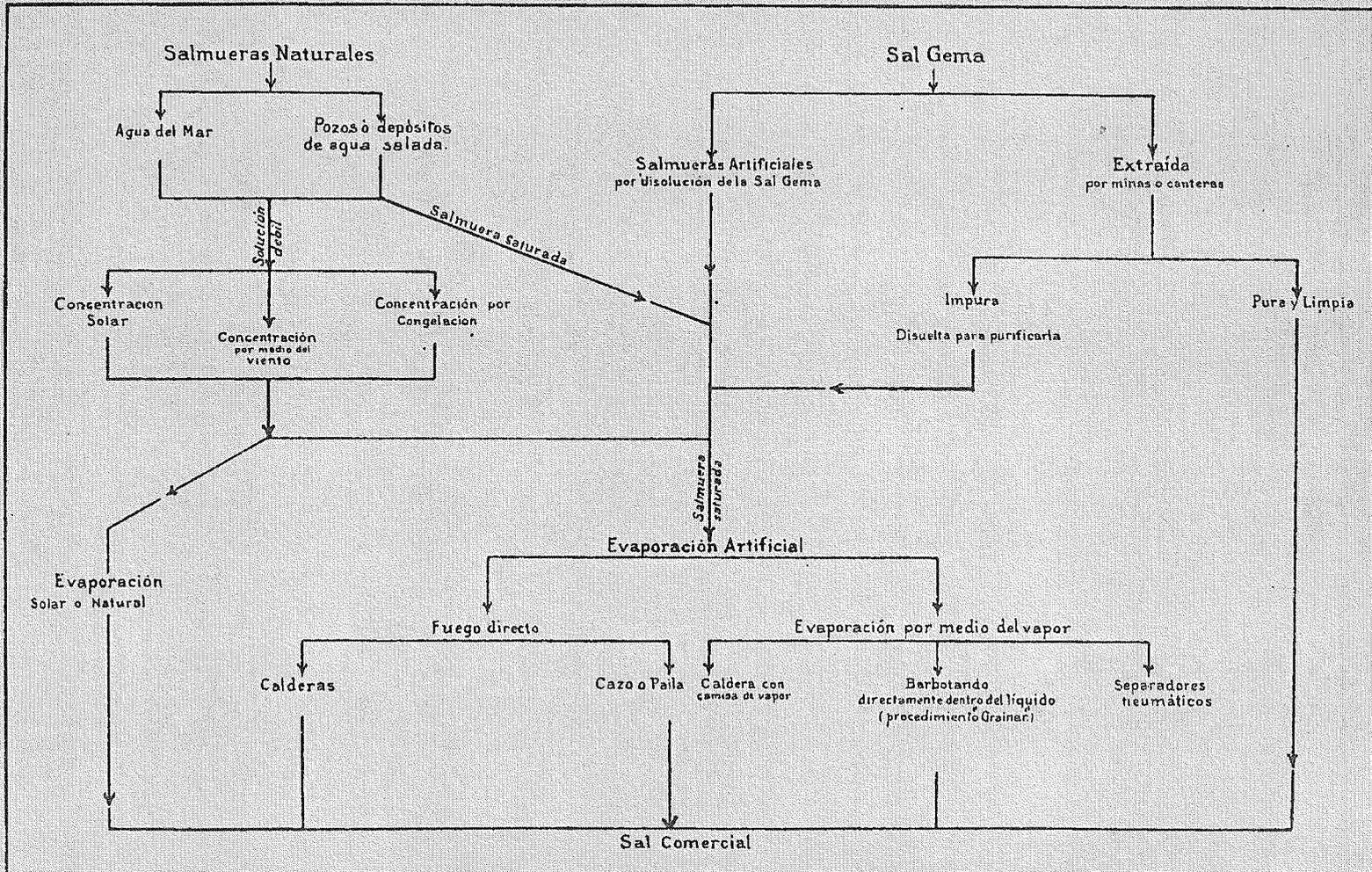
Esto no obstante, sujetándose a la técnica de la elaboración de la sal y cuidando sobre todo de separar el sulfato de sodio, se puede obtener sal con una pureza de 96 a 97% de NaCl. Esto se logra cuidando que las aguas cargadas de sulfato de sodio (ya una vez asentadas y concentradas), pasen a depósitos cubiertos con techo, para impedir de este modo, que el calor del sol evite la cristalización del sulfato de sodio y dejar que por enfriamiento ésta se efectúe, lo cual dejará a las salmueras casi exentas de dicha substancia.

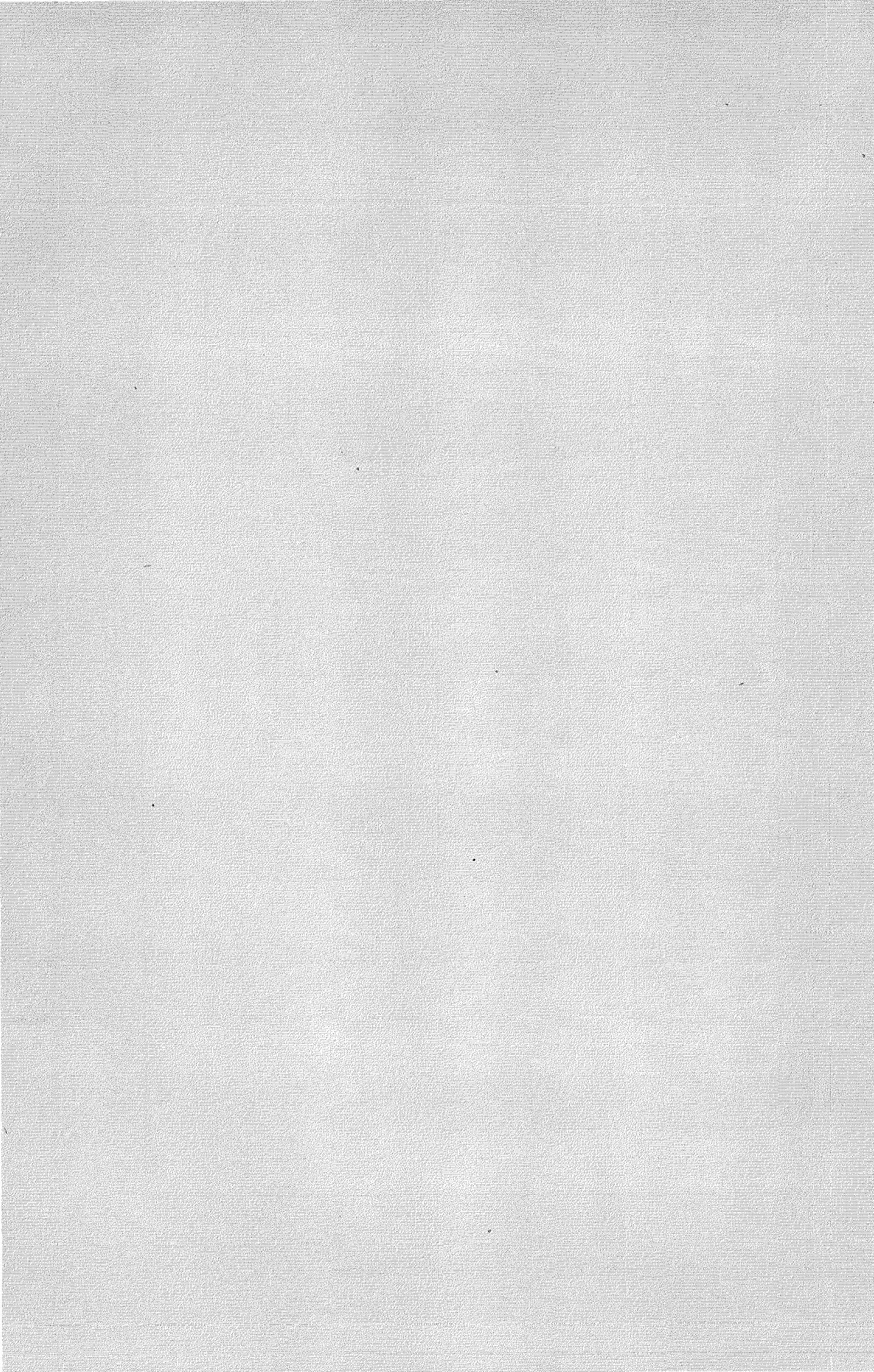
La extracción de la sal común en la región del lago de Texcoco, nunca ha sido de consideración; (1) no pasando lo mismo con la elaboración de los tequesquites (que son mezclas más o menos puras de cloruros, carbonatos y sulfatos de sodio) que es objeto por parte de los indios, de grande explotación y que en muchos casos constituye su única ocupación.

(1) M. Virlet d'Aoust de la Sociedad Geológica de Francia atribuye la salinidad del Lago de Texcoco y de los otros Lagos salados del país, a la circunstancia de ser la Andesita en lo general, la roca predominante en muchos lugares de nuestro país y como ella contiene una gran cantidad de Albita (feldespato sódico) el lavado secular por las aguas pluviales de los terrenos abundantes en dicha roca, explica la gran cantidad de sosa que en diferentes estados se encuentra en las lagunas saladas de México.

(1) Sin embargo, allá por el año de 1860 la Compañía Minera de Real del Monte bajo la dirección del químico inglés, señor Bowring, estableció una gran fábrica para la extracción de la saltierra, que como ya varias veces se ha repetido, servía para el tratamiento de los minerales de plata, por el método llamado de Patio (es decir, amalgamación, en frío de la plata contenida en los minerales). También de los terrenos salinos pertenecientes a la Hacienda de Aragón, cercana a la Villa de Guadalupe Hidalgo, se extrajo para su uso en las minas de Pachuca alguna cantidad de sal de buena calidad, pues contenía de 90 a 92 % de NaCl.

Esquema (según Cole) que indica las fuentes de extracción de la sal común y las diferentes fases de los procedimientos que se siguen para la final obtención de la sal comercial.





PARTE II

INDUSTRIA DE LA SAL

Desde los primeros tiempos del mundo, se obtenía la sal común por simples excavaciones practicadas en los numerosos depósitos de sal gema conocidos ya desde entonces, o de la evaporación natural o artificial del agua del mar o de las aguas saladas (1) contenidas en lagos y lagunas formadas en las depresiones o cuencas cerradas en el interior de los continentes.

Estos medios primitivos de extracción (algunos de los cuales más o menos modificados, aun se usan con cierta extensión en nuestro país) consistían en recoger la sal de las lagunas litorales ya desecadas, o de retener durante las altas mareas en los lugares apropiados de la costa el agua del mar y permitir su evaporación espontánea; o bien se evaporaban las salmueras en pequeñas vasijas de barro, o se quemaban yerbas y zacate seco, arrojando sobre ellas las aguas saladas y recogándose por último lo que quedaba depositado.

Los procedimientos a grandes rasgos descritos, continuaron usándose en el mundo en forma tan rudimentaria y defectuosa hasta fines del siglo XVIII y principios del XIX en que el método ordinario de la evaporación solar progresó sensiblemente; reduciéndose mucho ya desde entonces el costo de la elaboración, con aumento considerable en la producción y mejoría en la calidad y pureza de la sal obtenida. Simultáneamente evo-

lucionaron también los métodos de evaporación artificial, en la que ésta se lleva a cabo valiéndose de calderas y cazos o pailas.

Por último, con el advenimiento del procedimiento americano llamado "Grainer Process" que como se verá más adelante, consiste en conducir el vapor por medio de tubos que se sumergen en la salmuera y cuyo procedimiento permite obtener los granos de sal del tamaño que se desee y con la aplicación del método moderno de destilación al vacío, que economiza tanto el combustible, la industria de la sal común ha progresado notablemente.

Aunque en la parte de este trabajo relativa a la Distribución Geográfica de las salinas de México nos hemos ocupado en reseñar los diferentes procedimientos empleados actualmente en nuestro país para la obtención y preparación de la sal común, conviene hacer una exposición acerca de las fuentes mundiales de producción de substancia tan preciada e indispensable, así como dar a conocer la evolución de los métodos que se han empleado para la elaboración de la sal en los principales países del mundo antes de llegar a los que actualmente se usan, pues su conocimiento y estudio redundará seguramente en beneficio y en el adelanto de la industria nacional de la sal común.

La sal comercial se obtiene en la naturaleza de las salmueras naturales o de la sal gema. Las salmueras naturales, co-

(1) Se designa con el nombre de aguas saladas, las que tienen una salinidad igual o superior a la agua del mar y con el de salobres, a las aguas de salinidad inferior a la agua del mar.

mo ya varias veces se ha mencionado en el curso de este trabajo, pueden dividirse en dos clases: Primera, agua del mar, y segunda, manantiales y depósitos de agua salada.

Agua del mar: Al hablar de las condiciones de yacimiento de la sal común, hemos dado a saber que del total de las materias disueltas en el agua del mar, un 77.58% corresponde al cloruro de sodio y que un metro cúbico de esta agua contiene de 28 a 31 kilogramos de tal substancia; de suerte que esta circunstancia, así como otras de obvia explicación, han hecho que el hombre, desde los tiempos más remotos, venga usando el agua del mar como fuente principal de la sal común.

En los climas cálidos, como en las playas del Mediterráneo, (1) en las costas de ambas Californias, (2) en las de México y en todo el litoral del Pacífico correspondiente a Sur América, así como en las Indias Occidentales, Australia Meridional, en China y en el Japón y en general en toda la costa tropical del Asia, la sal común se obtiene de la evaporación del agua del mar contenida en las lagunas litorales, o en charcos y receptáculos poco profundos acondicionados convenientemente para recibir y retener el agua que las altas mareas arrojan a estas ma-

(1) Francia es el país de la Europa donde la obtención de la sal común por la evaporación del agua del mar, tiene mayor importancia. La superficie total de sus salinas ubicadas en la orilla de él, es como de 19,000 hectáreas, comprendidas en 12 Departamentos; 7 en el Mediterráneo y 5 en la costa del Atlántico. Más de 8,000 obreros se ocupan anualmente en este país por espacio de varios meses, en la extracción de la sal común.

(2) En los Estados Unidos, en el litoral del Pacífico del Estado de California y en las Bahías de San Francisco, en la de San Diego, en la de Long Beach y en los Condados de Alameda y San Mateo, se extrae, de la evaporación del agua del mar, un 97% de la producción total de sal en la Alta California.

También en Syracuse, perteneciente al Condado de Onondaga (Estado de Nueva York), desde 1789 hasta nuestros días, se han extraído y se extraen aún grandes cantidades de sal por medio de la evaporación solar.

rismas naturales o formadas artificialmente por la mano del hombre.

Antes del descubrimiento en el mundo de las ricas minas de sal gema de Inglaterra, Rusia, Alemania, Austria, Suiza, España, Estados Unidos, etc.; la extracción de la sal común existente en solución en las fuentes y depósitos de agua salada en el interior de los continentes, era de bastante consideración. En la actualidad, y con excepción de los lugares donde se encuentran lagos y lagunas saladas altamente saturadas como en Utah, Estados Unidos, en el interior de México, etc., etc., y de las grandes cantidades de sal que se extrae del agua del mar, la mayor parte de la sal que se consume en el mundo, proviene de las minas de sal gema o de la evaporación de las salmueras artificiales formadas por la disolución de la sal en el agua. Estos dos últimos procedimientos mencionados, han sido objeto de preferencia en su explotación por resultar más económicos, más rápidos y de mayor rendimiento.

Sal de roca o sal gema

Minas y canteras

En muchos países, como ya antes se dijo, y principalmente en Inglaterra, Rusia, Austria, España, Estados Unidos, etc., (1) existen capas de sal gema de tal

(1) Inglaterra es el país donde sus numerosas y ricas minas de sal, se explotan en mayor escala. Su producción anual se calcula en cerca de dos millones de toneladas, cantidad ésta que basta no sólo para proveer a su propio consumo, sino para exportar sal en grandes cantidades, a la India principalmente y aun a mismo Estados Unidos.

Austria posee la mina de sal más grande del mundo.

En España se encuentran los famosos depósitos de sal de Cardona y Añana.

En muchos Estados de la Unión Americana, como en Nueva York, Louisiana, Michigan, Ohio, Texas y Nevada, se extraen inmensas cantidades de sal de los importantes yacimientos de sal gema que en ellos existen.

extensión, que permite extraerla por medio de trabajos mineros (1) o usando los mismos procedimientos seguidos en la explotación de las canteras ordinarias. También es muy generalizado (especialmente en los Estados Unidos), el método que consiste en disolver las capas de sal con agua y bombear la salmuera resultante a la superficie para evaporarla.

La sal gema que se extrae valiéndose de trabajos mineros o de canteras es bastante dura y para quebrarla se usan generalmente rodillos de fierro.

Una vez terminada esta operación, se le hace pasar a través de tamices. La sal de este modo obtenida, queda en terrones o pedazos grandes y se vende como tal o bien se le convierte en granos

finos, haciendo uso para ello de molinos de piedra (buhr mills). A fin de quitar a esta sal el polvo y separarla en sus diferentes clases, se le hace pasar a través de separadores neumáticos. (1)

Salmueras artificiales

Algunas veces sucede que las capas de sal gema se encuentran a mucha profundidad y en tales casos, resulta más económica la extracción practicando perforaciones que atraviesen las capas de sal y disolver éstas con agua. Las salmueras artificiales así formadas, se bombean a la superficie, donde se hacen evaporar por alguno de los procedimientos que más adelante se darán a conocer.

CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES DEBILES DE SAL

Con objeto de concentrar, es decir, de enriquecer de cloruro de sodio las soluciones pobres en sal, se usan cualesquiera de los tres métodos que a continuación se mencionan y cuya aplicación depende en su mayor parte de las condiciones físicas y climatológicas de las diferentes localidades productoras de sal.

(1) Los métodos empleados para la explotación de las minas de sal, son similares a los que se usan en las demás minas para el tumba y extracción de los minerales y especialmente tienen gran semejanza con los procedimientos seguidos en las minas de carbón. Las obras que se hacen en las minas de sal se protegen con madera para evitar los derrumbes y muy a menudo es necesario llevarlas a grande profundidad. Las excavaciones practicadas se dividen cuidadosamente en los diferentes compartimientos indispensables para colocar las escaleras y permitir subir el mineral a la superficie. Según la naturaleza del terreno, en los lugares más convenientes se trazan galerías, y a menudo se dejan pilares de sal para que éstos por sí mismos sostengan las tierras superiores. Con picos o barretas, los operarios tumban las rocas salinas, las cuales se conducen en carretillas sobre rieles a los lugares donde, por medios mecánicos, se llevan a la superficie.

Métodos de concentración

- 1.—Concentración solar.
- 2.—Concentración por medio del viento.
- 3.—Concentración por medio del descenso en la temperatura o método de congelación.

Concentración solar

Al ocuparnos de la evaporación solar, se tratará ampliamente este método, que consiste en dejar que el exceso de agua se evapore por efecto del calor del sol y que una vez alcanzado el punto de saturación de las salmueras, queden éstas listas para producir la sal por la evaporación natural o artificial.

(1) Cuando la sal es demasiado impura, se disuelve en agua usando para ello de grandes vasijas de fierro de poco fondo y de una gran superficie.

Bien sea que la sal se haya disuelto en agua o que la salmuera natural se haya extraído así de las minas; se calienta la solución saturada y al empezar la ebullición, comienza a cristalizarse la sal y a depositarse en el fondo de dichas vasijas.

Concentración por medio del viento o concentración gradual

En muchos lugares de Francia, Alemania y Austria, donde se encuentran depósitos de agua salada con poco contenido de cloruro de sodio, la concentración se lleva a cabo haciendo que estas aguas pobres en sal, escurran gota a gota a través de matorrales o arbustos secos expuestos a la acción del sol y del viento. (1)

El procedimiento se lleva a cabo en edificios especiales llamados "casas de graduación" orientadas longitudinalmente a la dirección de los vientos dominantes. En las plantas de concentración, el espacio ocupado por los matorrales y arbustos secos, tiene una altura que varía de 9 a 15 metros. Al escurrir las salmueras débiles a través de este hacinamiento, el agua se evapora, dejando depositados sobre la superficie de los tallos, los carbonatos y sulfatos de calcio, así como el carbonato de fierro que se forma por el desprendimiento de ácido carbónico. (Estas incrustaciones hacen necesaria la renovación frecuente de dichos haces leñosos.) La solución ya más concentrada en cloruro de sodio escurre a la parte inferior, de donde vuelve a tratarse por el mismo procedimiento en otros dos compartimientos, llamados sucesivamente departamentos de "segunda" y "tercera graduación."

La salmuera que resulta de este tercer tratamiento, tiene ya la suficiente concentración para que permita evaporarla económicamente por alguno de los procedimientos de evaporación artificial que más adelante se describirán.

El éxito en la aplicación del método gradual de concentración de que hemos

hablado, depende del estado atmosférico y en consecuencia, su uso se limita a las épocas favorables del año y a los lugares cuya climatología sea para ello apropiada. Por otra parte, la incertidumbre sobre los resultados que puedan obtenerse y lo oneroso que resulta la instalación y conservación de las plantas en este método de concentración, han ocasionado que paulatinamente se vaya dejando de aplicarlo.

Concentración por medio de la refrigeración o métodos de congelación (1)

En la Europa Septentrional, se usa este método con bastante éxito. Las salmueras pobres en sal contenidas en grandes recipientes, se someten a parciales y sucesivas congelaciones. Se cuida de ir quitando el hielo a medida que se forma y las aguas madres se someten a una ulterior refrigeración, hasta conseguir que

(1) La teoría que sirve de base a este procedimiento de concentración de las salmueras débiles, se explica del modo siguiente:

La solidificación total o parcial de la sal en el agua, se lleva a cabo en forma bien definida y la que depende de la proporción del cloruro de sodio en el agua. Por ejemplo, si una solución de sal común en el agua en proporción determinada y con especialidad si la mezcla contiene 23.6 % de cloruro de sodio (mezcla ésta que se congela a -22° C.), se deja enfriar a una temperatura conveniente, se tendrá que toda la masa de sal y agua solidificará. Si menos que esa proporción de sal está presente, se tendrá que el hielo cristalizará primero y continuará separándose hasta que se haya llegado a la proporción arriba indicada. "Si al contrario, la solución contiene más de 23.6 % el hidrato de sodio, $\text{NaCl}, 2\text{H}_2\text{O}$ aparecerá primero y continuará depositándose hasta que se haya llegado al punto de equilibrio." Alcanzado éste, toda la masa solidificará según ya antes se expresó.

"Esta temperatura mínima, con su correspondiente concentración de sal y de agua se conoce como el punto eutéctico" (del griego *eu* bien y *τηκειν* derretir, fundir) y a este punto la solución y el sólido tendrán la misma composición.

(Véase Clark, Boletín 491 de la United States Geological Survey.—"The Data of Geochemistry," segunda edición, 1911, página 286).

(1) En la Distribución Geográfica de las Salinas de México, al ocuparnos del Estado de Colima, se da a conocer el método allí seguido para la elaboración de la sal; el cual ofrece mucha semejanza con el procedimiento de concentración gradual que se usa en los lugares de Europa antes mencionados.

adquieran suficiente saturación que permita evaporarlas artificialmente para la obtención de la sal comercial. Naturalmente que en las regiones donde el aire es seco y por largos períodos la tempe-

ratura se mantiene constante abajo del punto de congelación, este método de producir salmueras naturales para de ellas sacar la sal común, resulta muy económico.

METODOS DE EVAPORACION

Los métodos que siempre se han empleado en todas partes del mundo para la extracción de la sal de las salmueras, han tenido necesariamente que adaptarse a las condiciones locales de las regiones productoras. Pero todo ellos, en lo que

respecta a la naturaleza y manera de aplicar el calor, pueden dividirse en dos: 1.—Evaporación solar, llamada también evaporación natural o espontánea, y 2.—Evaporación por medio del calor artificial.

EVAPORACION SOLAR O NATURAL

Hablando en términos generales, la evaporación solar debe emplearse en las regiones cálidas y donde la evaporación es mucho mayor que el agua que provenga de las lluvias, es decir, en todos aquellos lugares donde la estación de secas es pronunciada. (1)

Para la extracción de la sal común del agua del mar, el método de la evaporación solar es casi el que exclusivamente se usa en todos los países.

(1) En vista de la disminución de las lluvias y el aumento en la evaporación, bien puede el industrial determinar las épocas del año más propicias para la elaboración de la sal por medio de la evaporación solar.

(2) Según Wagner et Gautier, 100 partes del agua del mar contienen:

	Océano Pacifico	Atlántico	Mar del Norte	Mar Rojo
Cloruro de sodio.....	2.5877	2.7558	2.5513	3.030
Bromuro de sodio	0.0401	0.0326	0.0373	0.064
Sulfato de potasio.....	0.1359	0.1715	0.1529	0.295
" " calcio	0.1622	0.2046	0.1622	0.179
" " magnesio.....	0.1104	0.0614	0.0706	0.274
Cloruro de magnesio.....	0.4345	0.3260	0.4641	0.404
" " potasio .....	.....	.....	.....	0.288
	<u>3.4708</u>	<u>3.5519</u>	<u>3.4384</u>	<u>4.534</u>

Además, en 1865, Forchamer descubrió que las aguas de los océanos contienen silicio, ácido bórico, bromo, yodo, ácido fluorhídrico, y los óxidos de níquel, cobalto, manganeso, aluminio, zinc, plata, plomo, cobre, bario y estroncio, como compuestos básicos. Posteriormente, los grandes químicos nos han participado que el agua del mar contiene también huellas de arsénico, oro, litio y rubidio. En 1872, Jacobsen demostró que el agua del mar contiene oxígeno, nitrógeno y anhídrido carbónico en solución.

Usiglio (1) cuidadosamente llevó a cabo varias experiencias de laboratorio, con el objeto de investigar el orden y proporción de las diversas sales que se obtienen al evaporar el agua del mar, habiendo encontrado que pequeñas cantidades de carbonato de calcio (CaCO_3), y de óxido de fierro hidratado se depositan primero. En seguida se precipita un 83.82% del contenido total de sulfato de calcio (CaSO_4), a continuación 54.17% de su sal (NaCl) simultáneamente con el resto de sulfato de calcio (es decir, 16.18% de CaSO_4); después se precipita un 8.5% de la cantidad total del NaCl , que contiene la salmuera. Por supuesto que esta sal se precipita ya sin mezcla alguna de yeso. Por último, se precipita el resto del cloruro de sodio juntamente con las sales más solubles, tales como los cloruros de potasio y magnesio y el bromuro de magnesio.

El promedio de la densidad del agua del mar es de 1.027, que corresponde a una salinidad de 3.72%. Teóricamente se obtiene una tonelada de sal con 36 a 37 metros cúbicos de agua del mar, pero como se pierde una tercera parte, es preciso usar de 54 a 57 metros cúbicos de dicha agua. Según Chabrié, cuando la sal marina se deposita, este volumen es de 6 m³ 05 y pesa 7.26 toneladas. En la práctica puede establecerse que por cada mil litros de agua del mar, se pueden obtener por término medio, de 33 a 34 kilogramos de cloruro de sodio.

El método original más generalmente adoptado para la extracción de la sal común por la evaporación del agua del mar y que en algunas partes de los Estados Unidos aun se usa, consiste en la construcción de grandes tanques de madera con una profundidad máxima de tres a cuatro decímetros y que están provistos de ligeros techos acondicionados de ma-

nera que puedan moverse a voluntad. Durante la época de la evaporación se quitan estos techos o cubiertas pasajeras. Pero tanto en la temporada de lluvias, como una vez terminada la cosecha de sal, vuelven a taparse los tanques.

Son tres por lo regular las series de tanques que se emplean en este procedimiento. En la primera serie el agua por evaporarse que al entrar en los tanques casi siempre aparece clara, después de un poco de tiempo de exposición a la intemperie se vuelve amarillenta, debido a la expulsión del ácido carbónico y precipitación del fierro al estado de carbonato ferroso que a su vez se oxida y se convierte en óxido férrico hidratado, el que al asentarse bajo la forma de un lodo amarillento, deja la salmuera ya otra vez clara y limpia.

En la segunda serie de tanques, contruídos a nivel más bajo que los anteriores y donde el yeso se separa, se llaman tanques de cal. (1) La solución concentrada permanece en estos tanques hasta que los cristales de sal comienzan a formarse, lo que indica la aproximación del punto de saturación. La salmuera se hace pasar entonces a la tercera serie de tanques (los cuales naturalmente se hallan a nivel inferior que los tanques de cal). En éstos, la sal se separa del resto del yeso que haya quedado.

Actualmente el procedimiento de elaboración de la sal común de que nos hemos ocupado ha evolucionado sensiblemente, obteniéndose con ello grande economía e importantes ventajas de carácter técnico. Se han suprimido las cubiertas o techos temporales y los tanques de precipitación del yeso. Construyendo

(1) Geological Survey of Michigan; Vol. V, pt. 2, p. XIII.—Hubbard.

(1) Como la sal no solamente se refina por simple lavado con agua saturada de sal marina, sino también disolviéndola en el agua y precipitando la magnesia con agua de cal, el término "Tanques de Cal" puede dar lugar a confusiones, por lo que es necesario advertir que en el procedimiento descrito no se hace uso en lo absoluto de la cal.

verdaderas "artesas" de gran magnitud y poco fondo, las que ordinariamente tienen (según el espacio de que se dispone) de 6 a 30 metros de ancho por 60 a 600 metros de largo y como 8 centímetros de profundidad, se ha conseguido aumentar considerablemente la superficie de evaporación y por lo tanto, verificándose ésta con más rapidez, el rendimiento de sal es mucho mayor.

Estos grandes tanques o artesas descansan sobre postes hechos de piedra o de madera y se les deja ligeramente inclinados, con objeto de que la salmuera o la agua proveniente de las lluvias tengan su respectivo desagüe por los orificios practicados al efecto y los cuales están provistos de tapones de madera. Cuando el estado del tiempo es favorable a la evaporación, se deja que una pequeña cantidad de salmuera entre a estos depósitos y ocupe en ellos una altura no mayor de dos centímetros. En tales condiciones de buen tiempo, pocas horas del día son suficientes para que el líquido se sature. En seguida y destapando los orificios correspondientes a que antes nos referimos, se descarga esta salmuera ya saturada a los tanques cristalizadores, construídos precisamente abajo de los tanques de concentración. Cuantas veces sean necesarias, se vuelven a llenar estos últimos con salmuera fresca y se repite el procedimiento hasta la final extracción de toda la sal.

Los tanques de concentración sirven de techo permanente a los cristalizadores, por lo que la sal, ya una vez cristalizada, queda así exenta de toda acción disolvente que pudiera ocasionar el agua de las lluvias.

En tiempo de aguas o cuando simplemente se sospeche que pueda llover, se tapan los orificios que descargan en los tanques de cristalización y se abren en cambio los que sirven para conducir el agua que provenga de las lluvias a las cisternas o canales de desagüe.

Los dos métodos de elaboración de la sal común hasta ahora descritos, pueden ambos aplicarse igualmente a la evaporación de las aguas del mar o a la de las aguas saladas obtenidas por la disolución de la sal gema o a la de las que se encuentran en las lagunas o lagos salados, interiores. Pero no obstante que dichos procedimientos se emplean con alguna extensión en el extranjero (principalmente en los Estados Unidos), su uso va decayendo debido al monto de capital requerido para la instalación, reposición y conservación de tinajas, techos de madera, etc., etc. El método más económico y que a la vez ofrece mayor sencillez y facilidades de aplicación, es en el que se hace uso de charcos o estanques formados por excavaciones en las mismas costas o en los lugares donde existen las salinas. (1)

Según sean las diversas operaciones que se lleven a cabo en la elaboración de la sal común, así son los nombres con que se designan los diferentes tanques para ello empleados. Reciben sucesivamente el nombre de estanques receptores o de depósito, estanques concentradores y estanques para la cristalización. Todos los demás estanques intermediarios entre los que reciben el agua durante las altas mareas y aquellos donde la sal cristaliza, se conocen con el nombre de estanques secundarios.

Los estanques receptores de la salmuera están provistos de grandes compuertas que funcionan automáticamente para permitir la entrada del agua del mar, pero que se cierran al verificarse el reflujo. La salmuera de este modo recogida permanece evaporándose todo el tiempo que sea necesario, lo que depende del estado atmosférico. De aquí pasa a los diferentes tanques concentradores, donde

(1) En muchos lugares de Sur América, es más generalmente usada la palabra "saladar," para designar los lugares donde se produce o se extrae la sal.

la salmuera va concentrándose más y más. Cuando llega a su punto de saturación 25° del hidrómetro Baumé, (1) se le hace conducir a los estanques cristalizadores, en donde al alcanzar la salmuera unos 32° Baumé, la sal cristaliza totalmente.

—————

Observaciones importantes relacionadas con el método de elaboración de la sal común, por medio de la evaporación solar

A fin de obtener los mejores resultados posibles en la elaboración de la sal común por medio de la evaporación solar, deben tenerse siempre presentes las siguientes observaciones:

(1) La concentración de la salmuera, o sea la cantidad de cloruro de sodio disuelto en el agua pura, se determina por medio de la densidad del líquido, valiéndose del hidrómetro o areómetro Baumé (nombre de su inventor).

El célebre físico francés preparó varias soluciones de cloruro de sodio en agua pura, anotando en el vástago del instrumento las graduaciones correspondientes a la cantidad de sal disuelta en 100 partes de agua. Como las salmueras, según ya dijimos, generalmente contienen otras sales altamente deliquescentes y por lo tanto, más solubles en el agua que el cloruro de sodio; para comparar dos soluciones de distinta densidad no debe decirse que tal salmuera está más saturada que tal otra, porque el punto de saturación (25° B.) es decir, aquel en que el agua deja de disolver más sal, sea siempre el mismo; sino que al hacer esas comparaciones, deberá usarse del término *concentración*, pues en caso de encontrarse presentes además del cloruro de sodio, otras sales más solubles, como los cloruros de potasio y de magnesio y el bromuro de magnesio, el hidrómetro Baumé marcará más de 25°, aunque el contenido de cloruro de sodio en la salmuera sea de 25 %.

Para conocer la riqueza en cloruro de sodio de una solución, se usa también el Pesa Sales o Salómetro. Es éste un hidrómetro, cuyo punto de sumersión en el agua se marca 0° y el punto hasta donde se sumerge en la salmuera saturada se marca 100°.

La salmuera saturada que se usa para la graduación del punto 100, se prepara disolviendo la mejor sal obtenida por la evaporación solar, en agua pura y a la temperatura media de las salmueras de los pozos, que es de 11°.2 C.

La cantidad y calidad de la sal que se obtenga depende de varios factores, tales como el estado atmosférico, composición de las salmueras y grado de inteligencia y cuidado de parte de los operarios encargados de las diferentes fases de la elaboración. En efecto, en las salmueras que en grandes cantidades contengan en su composición cloruros de calcio y de magnesio y que ello no obstante aparezcan claras por la disolución de estas sales ocasionada por el calor solar, se observará en la práctica que son no solamente rehacias para la evaporación, sino que la presencia de los mencionados cloruros será bastante en la mayor parte de los casos para hacer cesar toda evaporación del agua, lo que obedece a la reabsorción que de ella hacen en una atmósfera húmeda los cloruros de calcio y de magnesio.

Los obreros encargados de las diversas operaciones deben tener la capacidad y cuidado suficiente para atender oportunamente a la alimentación con salmuera ya perfectamente saturada de los receptáculos de cristalización, así como cuidar de lavar la sal ya beneficiada para quitarle los cristales de yeso y de los otros cloruros que aunque en variable y mínima cantidad, siempre le quedan, etcétera, etcétera.

Además, y como ya antes se indicó, con el objeto de conseguir en la manufactura de la sal por medio de la evaporación espontánea los mejores resultados, conviene llamar muy especialmente la atención sobre los hechos siguientes:

1.—La evaporación de cualquier solución está en razón inversa de su concentración. De manera que para contrarrestar la demora en la evaporación durante las varias fases del procedimiento, debe procurarse que la área de evaporación sea un poco más grande que lo que estrictamente se necesite.

2.—La capacidad y la área superficial de los recipientes de evaporación de

cualquier serie, deben ser proporcionales a la cantidad de salmuera que proceda de la serie de recipientes colocados inmediatamente anteriores a éstos.

3.—El peso específico de la salmuera debe controlarse de tal manera, que cada serie de recipientes o tanques de evaporación, reciban y produzcan una salmuera de peso específico bien definido.

4.—La salmuera nunca debe trasladarse a los tanques o charcos cristalizadores, sino hasta que la solución de sal llegue a su punto de saturación (25° B.)

5.—La superficie ocupada por los tanques cristalizadores, debe ser lo más pequeña posible, con objeto de proporcionar conveniente acomodo a la salmuera concentrada proveniente de los recipientes de concentración, pues haciéndolo así, se obtendrá un gran rendimiento de sal, con el mínimo de costo.

6.—Para asegurar un producto limpio, se coloca en el fondo de los tanques o charcos de cristalización una capa delgada de salmuera saturada, la cual se le deja cristalizar antes del comienzo de cada campaña.

Por último, al ocuparnos de las salinas del Peñón Blanco expresamos: "El tamaño de los cristales está en razón directa del grado de viscosidad de las mezclas en solución expuestas a la evaporación. De manera que para obtener cristales de mayor tamaño, basta con aumentar la viscosidad, valiéndose de substancias que se llaman retardantes, como las gomas, la glicerina, el jabón, etc., etc." (1)

TABLA
DE ENGLEHARDT PARA DETERMINAR LA RIQUEZA
EN SAL DE LAS SALMUERAS
POR MEDIO DEL SALOMETRO O DEL
AEREOMETRO BAUME

Grados del Salómetro	Grados Baumé	Peso Específico	% de Sal
1	.26	1.002	.265
2	.52	1.003	.530
3	.78	1.005	.795
4	1.04	1.007	1.060
5	1.30	1.009	1.325
6	1.56	1.010	1.590
7	1.82	1.012	1.855
8	2.08	1.014	2.120
9	2.34	1.016	2.385
10	2.60	1.017	2.650
11	2.86	1.019	2.915
12	3.12	1.021	3.180
13	3.38	1.023	3.445
14	3.64	1.025	3.710
15	3.90	1.026	3.975
16	4.16	1.028	4.240
17	4.42	1.030	4.505
18	4.68	1.032	4.770
19	4.94	1.034	5.035
20	5.20	1.035	5.300
21	5.46	1.037	5.565
22	5.72	1.039	5.830
23	5.98	1.041	6.095
24	6.24	1.043	6.360
25	6.50	1.045	6.625
26	6.76	1.046	6.890
27	7.02	1.048	7.155
28	7.28	1.050	7.420
29	7.54	1.052	7.685
30	7.80	1.054	7.950
31	8.06	1.056	8.215
32	8.32	1.058	8.480
33	8.58	1.059	8.745
34	8.84	1.061	9.010
35	9.10	1.063	9.275
36	9.36	1.065	9.540
37	9.62	1.067	9.805
38	9.88	1.069	10.070
39	10.14	1.071	10.335
40	10.40	1.073	10.600
41	10.66	1.075	10.865
42	10.92	1.077	11.130
43	11.18	1.079	11.395
44	11.41	1.081	11.660
45	11.70	1.083	11.925
46	11.96	1.085	12.190
47	12.22	1.087	12.445
48	12.48	1.089	12.720
49	12.74	1.091	12.985
50	13.00	1.093	13.250

(1) Sujetándose a las indicaciones expresadas y tomando otras precauciones, se puede obtener la sal con una pureza de 99.8 %; contenido éste de cloruro de sodio de la sal de nuestro país llamada de primera, que se elabora en las Salinas de Colima y del Peñón Blanco y que resulta tan pura para usos domésticos como la mejor sal extranjera por el cuidado que se tiene en su elaboración.

Grados del Salómetro	Grados Baumé	Peso Específico	% de Sal	Grados del Salómetro	Grados Baumé	Peso Específico	% de Sal
51	13.26	1.095	13.515	76	19.76	1.149	20.140
52	13.52	1.097	13.780	77	20.02	1.151	20.405
53	13.78	1.100	14.045	78	20.28	1.154	20.670
54	14.04	1.102	14.310	79	20.54	1.156	20.935
55	14.30	1.104	14.575	80	20.80	1.158	21.200
56	14.56	1.106	14.840	81	21.06	1.160	21.465
57	14.82	1.108	15.105	82	21.32	1.163	21.730
58	15.08	1.110	15.370	83	21.58	1.165	21.995
59	15.34	1.112	15.635	84	21.84	1.167	22.260
60	15.60	1.114	15.900	85	22.10	1.170	22.525
61	15.86	1.116	16.165	86	22.36	1.172	22.790
62	16.12	1.118	16.430	87	22.62	1.175	23.055
63	16.38	1.121	16.695	88	22.88	1.177	23.320
64	16.64	1.123	16.960	89	23.14	1.179	23.585
65	16.90	1.125	17.225	90	23.40	1.182	23.850
66	17.16	1.127	17.490	91	23.66	1.184	24.115
67	17.42	1.129	17.755	92	23.92	1.186	24.380
68	17.68	1.131	18.020	93	24.18	1.189	24.645
69	17.94	1.133	18.285	94	24.44	1.191	24.910
70	18.20	1.136	18.550	95	24.70	1.194	25.175
71	18.46	1.138	18.815	96	24.96	1.196	25.440
72	18.72	1.140	19.080	97	25.22	1.198	25.705
73	18.98	1.142	19.345	98	25.48	1.201	25.970
74	19.24	1.144	19.610	99	25.74	1.203	26.235
75	19.50	1.147	19.875	100	26.00	1.205	26.500

EVAPORACION ARTIFICIAL

Evaporación a fuego directo

Ya antes hemos dicho que el método más primitivo de extracción de la sal común por la evaporación a fuego directo, consistía en evaporar las salmueras en vasijas de barro o en quemar yerbas y zacate seco y arrojar sobre ellas las aguas saladas, para recoger la sal que quedaba depositada.

Vinieron después los métodos de evaporación en los que se hace uso de grandes calderos (1) (que tienen de 6 a 7 metros de ancho por 30 ó más de largo)

(1) Los cristales de sal producidos por los calderos son más o menos finos, según que la evaporación sea, a su vez más o menos rápida. Una ebullición muy agitada da por resultado la sal más fina.

y enormes cazos o pailas; pero en vista de resultar muy onerosos estos procedimientos a causa del gran desperdicio verdaderamente inevitable de combustible (para conservar siempre el fuego intenso que se necesita por tenerse que aplicar éste lo más lejos posible de los calderos o pailas) y presentar mucha dificultad obtener un producto uniforme, ha ocasionado que en la mayor parte de los casos se les haya substituído por el método moderno de invención americana que se designa con el nombre de procedimiento "grainer," o por el acostumbrado, tanto en Estados Unidos como en Europa, en el que se emplean separadores neumáticos para producir la sal.

Evaporación por medio del vapor (Sistema "Grainer")

En inmensas artesas o receptáculos como de 50 a 60 centímetros de fondo, un ancho de 2.50 a 5 metros y una longitud que varía de 20 hasta 60 metros, contruidos de madera con revestimiento de tejas de ladrillo o hechos de cemento o de acero y en cuyos recipientes se deposita la salmuera, se sumerge un enorme serpentín de tubería de 2 a 6 pulgadas de diámetro, al través del cual se hace pasar una corriente de vapor de agua calentado.

Por medio de rastrillos mecánicos, la sal continuamente se va quitando a medida que se forma y se transporta en seguida (valiéndose también de medios mecánicos) a las plataformas o tableros de desecación, de donde cae a unas cubetas que sirven para llevar la sal a los lugares destinados para que ésta acabe de secarse completamente. Empleando el procedimiento "grainer," que a grandes rasgos hemos descrito, la temperatura puede controlarse de suerte que el grado de fineza de la sal se llegue a obtener como sea necesario para los fines comerciales.

Evaporación al vacío

La aplicación de calderas o tachos (1) al vacío (de los cuales se extrae el aire por medio de bombas neumáticas) para producir la sal común, es relativamente reciente. Aunque este procedimiento se ha empleado desde hace mucho tiempo para la cristalización del azúcar y en otras industrias similares, no fué sino hasta el año de 1887 en que Mr. Joseph Duncan, de Silver Springs, Nueva York, implantó el sistema para la elaboración de la sal.

El principio en que se funda el método de evaporación al vacío, consiste en que cuando disminuye la presión sobre la superficie de las salmueras, el punto de ebullición de éstas baja también en la misma proporción. Por esto es que la evaporación de la salmuera en tales circunstancias, se efectúa con un gasto mínimo de calor.

Aunque bien es cierto que el método de evaporación al vacío produce un artículo muy fino, seco y puro, exige, en cambio, una instalación muy complicada y costosa de evaporadores, cámaras condensadoras, filtros centrifugos, cristalizadores, etcétera, etcétera.

PREPARACION DE LA SAL PARA EL MERCADO

Molinos de sal

Aunque realmente en nuestro país, no contamos aún con instalaciones mecánicas dignas de mencionarse, (1) para la

desecación, trituración y preparación de la sal fina para usos domésticos, juzgamos de interés y de utilidad para la industria salinera de México, dar siquiera

(1) Con el objeto de purificar y compactar la sal, hace algún tiempo que la Compañía "The Salinas of Mexico Ltd.," en su planta establecida en Salinas, Estado de San Luis Potosí, instaló los aparatos necesarios para fundir la sal, pero en vista del gran consumo de coque que para ello se requería y originar también crecidos gastos quebrar el producto que con tal procedimiento resultaba excesivamente duro, ocasionó el abandono definitivo de dicho sistema para obtener la

compactación de la sal. En Inglaterra y en otros países donde abunda el carbón de piedra, resulta muy económico el procedimiento de fusión para el fin antes indicado. *En la actualidad, y dada la abundante producción de petróleo en nuestro país, el uso de este combustible indudablemente que haría costoso compactar la sal por medio de la fusión.*

(1) Tacho:—"Gran paila para dar el último cocimiento al melado y dar punto al azúcar."

sea una descripción sucinta de los Molinos de Sal, en uso en el extranjero.

Cada molino consta de varios departamentos, en los cuales se instalan en orden sucesivo: un secador, varios juegos de cilindros trituradores, ventiladores, tamices, etc., etc.

Las plantas modernas usan secadores rotatorios colocados de manera que queden con una inclinación de 3 a 4 grados. Consisten éstos en dos cilindros concéntricos empalmados juntos y que giran sobre chumaceras que sirven de apoyo al cilindro exterior. El cilindro interior o cilindro de vapor (que se alimenta con aire caliente, el cual circula en dirección contraria a la que sigue la sal al moverse), tiene como un metro de diámetro. En la parte superior y dentro del espacio que queda libre entre los dos cilindros, se coloca la sal. Al girar el secador, la sal paulatinamente pasa a la parte inferior, donde automáticamente se descarga. De aquí se le conduce a la primera serie de cilindros trituradores y después que la sal haya pasado por ellos,

queda ya más o menos triturada. En seguida se le lleva a un tamiz mecánico, el que en virtud de su movimiento, sirve como separador y permite que la sal pulverizada, pase directamente al cuarto de empaque. El material que resulte de grano más o menos grueso, se le hace pasar al través de una serie de rodillos quebradores, que estando colocados más cerca uno respecto del otro que los anteriores, dan un producto más fino.

Se repite el procedimiento cuantas veces sea necesario, haciendo pasar la sal por rodillos que cada vez la afinen más y después de cada molienda se tamiza la sal, a fin de obtenerla del grado de fineza que se requiera para las diferentes clases que exige el mercado de este artículo.

Se colocan ventiladores de abanico arriba de cada tamiz y también en los cilindros y secadores. Como los sulfatos de sodio y de magnesio son muchísimo más ligeros que el cloruro de sodio, el uso de estos ventiladores permite eliminar gran cantidad de sulfatos, purificando así sensiblemente la sal.

CLASIFICACION COMERCIAL DE LA SAL COMUN

Para fines meramente comerciales, la sal se clasifica según su pureza en cloruro de sodio y el grado de fineza como se obtenga del productor. Ambas cosas dependen de los procedimientos seguidos para la refinación y del uso que a la sal se le destine.

La sal llamada de mesa, así como la que se emplea en la industria del queso y de la mantequilla, incluye la sal de suprema calidad, más pura y más finamente pulverizada que se encuentra en el comercio.

La sal llamada comúnmente de "primera clase," es aquella que aunque contenga 99% o más de cloruro de sodio, no

ha sido objeto por parte del productor, de desecación artificial.

La sal que se designa en nuestro país con el nombre de "sal de segunda," es la sal fina del comercio que contiene de 97 a 98% de cloruro de sodio, y la "sal de tercera," incluye todos los productos que contengan de 97 a 96% o menos de dicho compuesto.

Se conoce con el término de "sal gruesa," a toda la sal marina o de beneficio que se obtenga por la evaporación solar y que se entrega al mercado tal como resulta de la evaporación espontánea. Esta clase de sal se caracteriza por sus gruesos granos de diversos tamaños.

USOS GENERALES

Puede decirse que la alimentación consume por término medio, un 75% (1) de la producción total de sal común en el mundo. Sin embargo, los usos de esta substancia son numerosísimos. En efecto, la sal se emplea en:

La alimentación.

La fabricación del queso y de la mantequilla.

La refinación de la oleomargarina.

La ganadería.

La industria empacadora y preparación de frutas en salmuera.

La industria química.

La industria tintorera.

La industria alfarera.

La industria del curtimiento y conservación de las pieles y su preparación para la depilación.

La industria jabonera.

La medicina.

La metalurgia.

La agricultura.

La refrigeración y para preparar el hielo.

La conservación de las maderas.

El bronceado de los metales.

Más adelante, que en breves palabras nos ocupemos de la acción fisiológica de la sal, trataremos del uso de ella en la alimentación de los animales en general, en la conservación de las carnes y de las pieles y en la medicina.

Dada la importancia que tiene en la industria el empleo de la sal para la fabricación de muchas substancias químicas, en capítulo aparte hablaremos de este asunto con alguna amplitud.

En la *tintorería* se emplea la sal para la preparación del mordente de alumbre.

En la *alfarería*, para barnizar los productos de esta industria, se funden juntos la sal común y la arcilla ferruginosa; el sodio se oxida a expensas del hierro y la sosa que se forma al combinarse con la alúmina y la sílice, produce un barniz (compuesto de silicato doble de sodio y aluminio). El hierro se une con el cloro y se volatiliza bajo la forma de percloruro de hierro.

En la *industria jabonera*, se usa la sal para la fabricación de jabones neutros. La sal, al precipitar el jabón puro (bien saponificado), lo separa de la lejía y de la glicerina.

En la *metalurgia*, se usa la sal en la reducción de varios metales, en la cloruración de los minerales de plata y como fundente.

En la *agricultura*, la sal se ha usado y aun se usa con alguna extensión como fertilizante. Como la sal no suministra elementos esenciales de alimentación a las plantas, su valor como benéfica a las tierras, se debe probablemente a su acción física (atracción al agua, etc.)

Se emplea también la sal para la *conservación de las maderas* destinadas a la construcción de los buques y de los durmientes, pues está probado que contribuye a la mayor durabilidad de las maderas, el sumergirlas por algún tiempo en agua salada, después de estar bien secas y sazoadas. (1) Igualmente se ha comprobado que aun después de haber comenzado a podrirse la madera, se impi-

(1) En Francia el 25 % restante de su producción total de sal se reparte como sigue: Industrias químicas, 10 %; Salazón de carnes, pescados, cueros, etc., 15 %.

(1) Los pilares de madera en las minas de sal de Polonia y de Hungría, duran intactos y en perfecta conservación desde tiempo inmemorial.

de que se pierda del todo sumergiéndola en agua salada.

Para el bronceado de los metales, la sal se emplea en la proporción que indica la siguiente fórmula:

Sal amoniaco	1 parte.
Carbonato de potasio....	3 „
Sal común.....	6 „
Amoniaco	12 „
Nitrato de cobre.....	8 „

INDUSTRIAS QUIMICAS DERIVADAS DE LA SAL COMUN

Tanto la sal común, como otras sales solubles que siempre la acompañan, entre las cuales debe mencionarse especialmente el sulfato de sodio natural (conocido ordinariamente en México con el nombre de "crystalillo") sirven de materia prima o intermediaria para la fabricación de muchas sales de sodio; industria ésta que, juntamente con la del ácido sulfúrico, ocupa el primer lugar en la industria química.

Mencionaremos entre otras las siguientes sales que pueden obtenerse de la sal común: bicarbonato, carbonato, cromato, bicromato y sulfato de sodio, sosa cáustica, sodio metálico, cianuro y peróxido de sodio, cloruro e hipoclorito de calcio, cloro y ácido clorhídrico, etc., etc.

Del sulfato de sodio (1) se pueden preparar el sulfito, el hiposulfito y el silicato de sodio, que reemplaza al silicato de potasio en sus aplicaciones industriales y que combinado con los silicatos metálicos forma los vidrios ordinarios.

Bicarbonato y carbonato de sodio (2)

En el procedimiento Leblanc para la fabricación de la sosa, se usa el cloruro

(1) Sin embargo, en la industria es más generalmente usado para producir el sulfito de sodio; el método que consiste en hacer pasar ácido sulfuroso por sosa cáustica y usar el sulfito y el azufre para la preparación del hiposulfito.

(2) El carbonato de sodio se encuentra frecuentemente en la naturaleza en extensos depósitos en la

de sodio de una manera indirecta, puesto que el sulfato de sodio que en él se emplea, procede de la sal común. Así es que nos ocuparemos solamente de describir el método "Solvay," en el que la sal se usa directamente y después hablaremos también del procedimiento seguido para producir el sulfato de sodio, ya que esta sal, como antes se ha dicho, se utiliza en el procedimiento primeramente mencionado.

Procedimiento "Solvay"

El bicarbonato de magnesio, lo mismo que el bicarbonato de amonio, determinan en una solución concentrada de sal común, la formación de un precipitado de carbonato de sodio.

Aunque esta reacción era ya conocida desde hace más de un siglo, en vista de las dificultades mecánicas del procedimiento no fué posible hacerlo comercialmente costeable, sino hasta 1861, en que el químico belga Solvay logró, después de experimentos llevados a cabo por algunos años, subsanar tales dificultades. Todavía en la actualidad, los trabajos e

forma de Termonatrita [$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$], Dawsonita [$\text{Na}_2\text{Al}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{Al}(\text{OH})_3$]; y Gay Lussita (CaCO_3 , $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 5\text{H}_2\text{O}$), pero debido al costo de disolverlo, evaporarlo y purificarlo casi nunca resulta costeable explotarlo.

inventos de tan ilustre químico, sirven de base a las grandes fábricas de bicarbonato y carbonato de sodio establecidas en Europa y América.

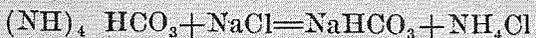
Las materias primas que en el procedimiento Solvay se requieren, además del combustible, son: calizas, salmueras concentradas naturales o artificiales, y amoníaco (en la forma de hidrato o sulfato de amonio).

En síntesis, la operación consiste en generar bióxido de carbono (CO_2) y hacer pasar este gas por la salmuera amoniacal (que se prepara saturando el agua salada con amoníaco) de lo que resulta la precipitación del bicarbonato de sodio y la formación de cloruro de amonio.

Las reacciones que tienen lugar, son las siguientes:

Calcinación de la caliza para formar CO_2 :

$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$, el CO_2 al pasar a la salmuera amoniacal se combina con el amoníaco para formar bicarbonato de amonio, el que a su vez obra sobre el NaCl para formar NaHCO_3 conforme a la reacción:



Para producir el carbonato o sosa del comercio, basta con calcinar el bicarbonato:

$2\text{NaHCO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ (el bióxido de carbono que así se obtiene, vuelve a usarse en el procedimiento).

Para volver a obtener del NH_4Cl el amoníaco, se le agrega a aquél agua de cal: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} = 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

De la sal común se obtiene también el bicarbonato por medio de la electrolisis. Se hace pasar cerca del catodo una corriente de ácido carbónico que se apodera de la sosa en cuanto se forma, dando bicarbonato de sodio, que, al preci-

pitarse, evita que la sosa vuelva a obrar sobre el cloro.

Usos del bicarbonato de sodio: Reemplaza a la levadura para la preparación del pan y demás artículos para la repostería. Se usa también en la medicina y en la fabricación de aguas gaseosas y jabones en polvo, y en los explosivos, etc.

Usos del carbonato de sodio: En la fabricación del vidrio, de las lejías, en la concentración de la leche, en la purificación de los aceites y en la fabricación del azul de ultramar, etc.

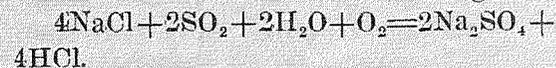
Sulfato de sodio

Esta sal, que en la forma cristalina, se designa con el nombre de "Sal de Glauber," es abundantísima en todos los depósitos de sal común ubicados en el interior de nuestro país. Pero en vista de lo barato que resulta su manufactura, en los lugares donde esta sal no es muy pura o abundante, es de conveniencia económica obtenerla artificialmente más bien que explotar el producto natural.

El procedimiento consiste en agregar ácido sulfúrico al cloruro de sodio, bien añadiendo el ácido directamente a la sal o agregando a ésta SO_2 , O y vapor de agua. Siguiendo el primer método, las reacciones que se verifican son las siguientes: $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$.



En el segundo método debido a Hargreave (no tan generalizado como el arriba mencionado), la formación del sulfato de sodio se lleva a cabo como sigue:



Usos del sulfato de sodio: Esta sal encuentra su principal aplicación en la fabricación del bicarbonato y carbonato de sodio respectivamente, por el procedimiento Leblanc, tan conocido de todos. También, aunque en menor cantidad, se emplea el sulfato de sodio en la manufac-

tura del vidrio, en la de algunas tinturas, en el desengrasamiento de las lanas y en la farmacia, etc.

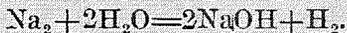
Acido clorhídrico

Este ácido se obtiene del cloruro de sodio en la fabricación del sulfato de sodio. El ácido que se escapa se condensa en aparatos a propósito.

Sosa cáustica

La reacción de la cal apagada sobre el carbonato de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$) servía de base antiguamente para la preparación de la sosa cáustica. En la actualidad casi la totalidad de la sosa cáustica que se encuentra en el mercado, se produce por la descomposición directa del cloruro de sodio por medio de la electrolisis, obteniéndose por este procedimiento cloro y sodio metálico, que al unirse con el agua forman la sosa cáustica. Esta, debido a la dilución que experimenta con el agua presente en los pares de la pila, requiere que se le concentre antes de lanzarla al mercado.

Reacciones que se verifican en el procedimiento electrolítico para la fabricación de la sosa cáustica:



Usos de la sosa cáustica: Se emplea la sosa cáustica en la elaboración de extractos de jabón y en la de los jabones duros, en las fábricas de papel, en la mercerización del algodón, en la fabricación de productos orgánicos, tales como el índigo, los colores de anilina, ácidos oxálico y pícrico, transformación de la albúmina en caseína, etc., etc.

Sodio metálico

Se produce sodio "metálico," en el procedimiento electrolítico que acabamos de describir para la manufactura de la sosa cáustica.

Usos del sodio metálico: Antiguamente se empleaba para la fabricación del aluminio y hoy para la preparación del peróxido de sodio y de la sosa cáustica, del magnesio, del silicio (para resistencias eléctricas); para ciertos productos orgánicos (como reductor); para la anti-pirina y sobre todo para la fabricación de los cianuros (véase la nota (2) que figura al final de la introducción).

Cloro

Cloro, además del sodio metálico, es el otro elemento que resulta de la descomposición electrolítica del cloruro de sodio, para la fabricación de la sosa cáustica.

Usos del cloro: Este gas tiene muchas aplicaciones, pero en la industria química su uso principal es para la preparación del cloruro de cal o hipoclorito de calcio.

Cloruro de cal

El procedimiento de fabricación del cloruro de cal, consiste en hacer pasar el cloro a través de la cal apagada.

En una serie de cámaras revestidas de plomo, en cuyo piso y hasta una altura como de cinco centímetros, se extiende cal apagada; se hace pasar el cloro y el cloruro de cal una vez formado y enfriado convenientemente, se vacía de éstas cámaras por los orificios practicados al efecto en los pisos de ellas (que están hechos de cemento y asfalto).

Usos del cloruro de cal: Esta sustancia se emplea como decolorante principalmente y también como desinfectante.

Sulfito e hiposulfito de sodio

Como el sulfito y el hiposulfito de sodio, cualquiera que sea el procedimiento que se siga para su elaboración, deben considerarse como sales derivadas de la sal común y tienen bastante aplicación en la industria, conviene señalar algunos de sus usos.

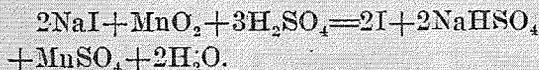
El sulfito de sodio, se emplea como "antioloro" para quitar su olor a las ma-

terias blanqueadas por el cloro y para detener en la fabricación del azúcar de remolacha, la fermentación de la pulpa de dicho tubérculo.

El hiposulfito de sodio se emplea en la fotografía para fijar la imagen de las placas, sirve como mordente en la impresión de las telas y para preparar los cerillos "sin fósforo," y el verde de aulinina, etc.

EXTRACCION DEL IODO Y DEL BROMO

La mayor parte del *iodo* que se emplea en la industria, se saca de las cenizas producidas por la incineración de la variedad de algas llamadas "varechs," las cuales toman el iodo (que al estado de ioduros contienen) del agua del mar. De dichas algas se extrae el iodo, calentando las cenizas con bioxido de manganeso y ácido sulfúrico:



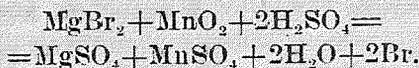
También se encuentra iodo en gran cantidad y al estado de ioduro y de iodato (principalmente) en el nitrato de sodio de Chile y en algunas aguas salinas, como las de Sulza (en Sajonia). Para extraer el iodo del salitre de Chile, se descompone el iodato por el ácido sulfuroso o por el bisulfito de sodio y después se hace pasar sobre el ioduro de sodio que se forma, una corriente de cloro.

En Francia se obtiene, además, el iodo en la fabricación de los superfosfatos con las fosforitas de aquel país.

La fuente principal de producción del *bromo* es el agua del mar, que lo contiene en una proporción de 0.061 gramos por cada litro de dicha agua. Las aguas

madres de ciertas salinas, como las de Schonebeck, las del Distrito de Onondaga, en Nueva York; las de Ohio, las de la Virginia Occidental, etc., contienen bromo en cantidad que hace costeable su explotación.

Varios procedimientos se siguen en la fabricación del bromo, pero el más sencillo es el empleado en Europa, para su obtención de las aguas madres de las varechs. En las aguas madres mencionadas, donde el bromo se encuentra bajo la forma de bromuro de magnesio, se precipita previamente el iodo con el cloro y el bromo se obtiene, de acuerdo con la siguiente ecuación:



Usos del iodo y del bromo: El Iodo y el Bromo se usan como desinfectantes, y ambos sirven de base a muchos compuestos que se emplean con bastante extensión en la terapéutica y en la fotografía.

En Escocia, en Irlanda, en los Estados Unidos y en Francia, hay establecidas en gran escala, las principales fábricas de iodo y bromo del mundo.

Acción fisiológica del cloruro de sodio

El cloruro de sodio para los animales es tan indispensable como la potasa para las plantas.

Una persona normalmente desarrollada que pese 75 kilogramos, contiene en su organismo 500 gramos de cloruro de sodio y consume anualmente unos 7.75 kilogramos de dicha sal. Diariamente en las excreciones y secreciones, el hombre elimina una cantidad igual al excedente de cloruro de sodio necesario al organismo.

La sal en el cuerpo humano da la tensión osmótica de la sangre y de los tejidos y obra como disolvente o como reactivo auxiliar en la expulsión de sales extrañas y materias tóxicas y fermentadas nocivas al organismo. El ácido clorhídrico que se encuentra en el jugo gástrico y en otros líquidos del estómago proviene de la descomposición del cloruro de sodio que se introduce al organismo.

En la medicina, el cloruro de sodio encuentra su principal aplicación en la preparación del suero fisiológico, que se compone de 7 (siete) partes de esta sal y 1,000 (mil) de agua. Algunos médicos de la actualidad recomiendan el uso de la sal común para curar ciertas enfermedades del hígado, la peste bubónica, etcétera, etcétera.

Muchos pueblos indígenas de nuestro país, usan la sal para curar las heridas y contra las picaduras de las serpientes, de las avispas y de los alacranes.

Acción antiséptica de la sal común

Conservación de las carnes: La sal común sirve para la conservación de las sustancias alimenticias, debido, tanto a su gran afinidad por el agua, como por su acción antiséptica. La sal, en efecto, quita a la carne su agua y sus

jugos, penetra en los tejidos, los preserva y vuelve a la albúmina más resistente. De suerte que después que una carne esté bien salada, se conservará perfectamente, pero habrá perdido una parte de su poder nutritivo.

La cantidad de sal requerida para la salazón de las carnes, representa la sexta parte de la carne que se trata de conservar. (1) Si la salazón es húmeda, la salmuera que se usa se aromatiza con tomillo, laurel o enebrina.

Como la sal produce en la carne de buey y de puerco una coloración verdosa, se le agrega una pequeña cantidad de nitrato de potasio.

Del contenido total de sal que se use para la salazón 1% de salitre debe ser la proporción máxima en que entre esta última substancia, pues en mayor proporción el nitrato de potasio, altera la carne, endureciéndola y dándole un gusto desagradable.

Aunque es cierto que las carnes saladas tienen un papel importante en la alimentación, su uso, sin embargo, no deja de tener algún peligro. A este respecto, Fremy se expresa como sigue: "Los alimentos conservados por la sal cambian de naturaleza y sufren una especie de coagulación, convirtiéndose entonces en duros e indigestos. La experiencia ha demostrado que por el uso prolongado de la carne conservada por la salazón, un individuo no puede mantenerse en estado de salud. Se admite que el escorbuto es una enfermedad causada por el abuso de esta clase de alimentación y también se han dado casos de envenenamientos ocasionados por el consumo excesivo de esta clase de salazones. Estos accidentes se atribuyen a un estado particular de la materia orgánica disuelta en la salmuera o a una planta que a veces se desarrolla."

(1) Encyclopédie Chimique.—M. Fremy, Tomo X.—1892.

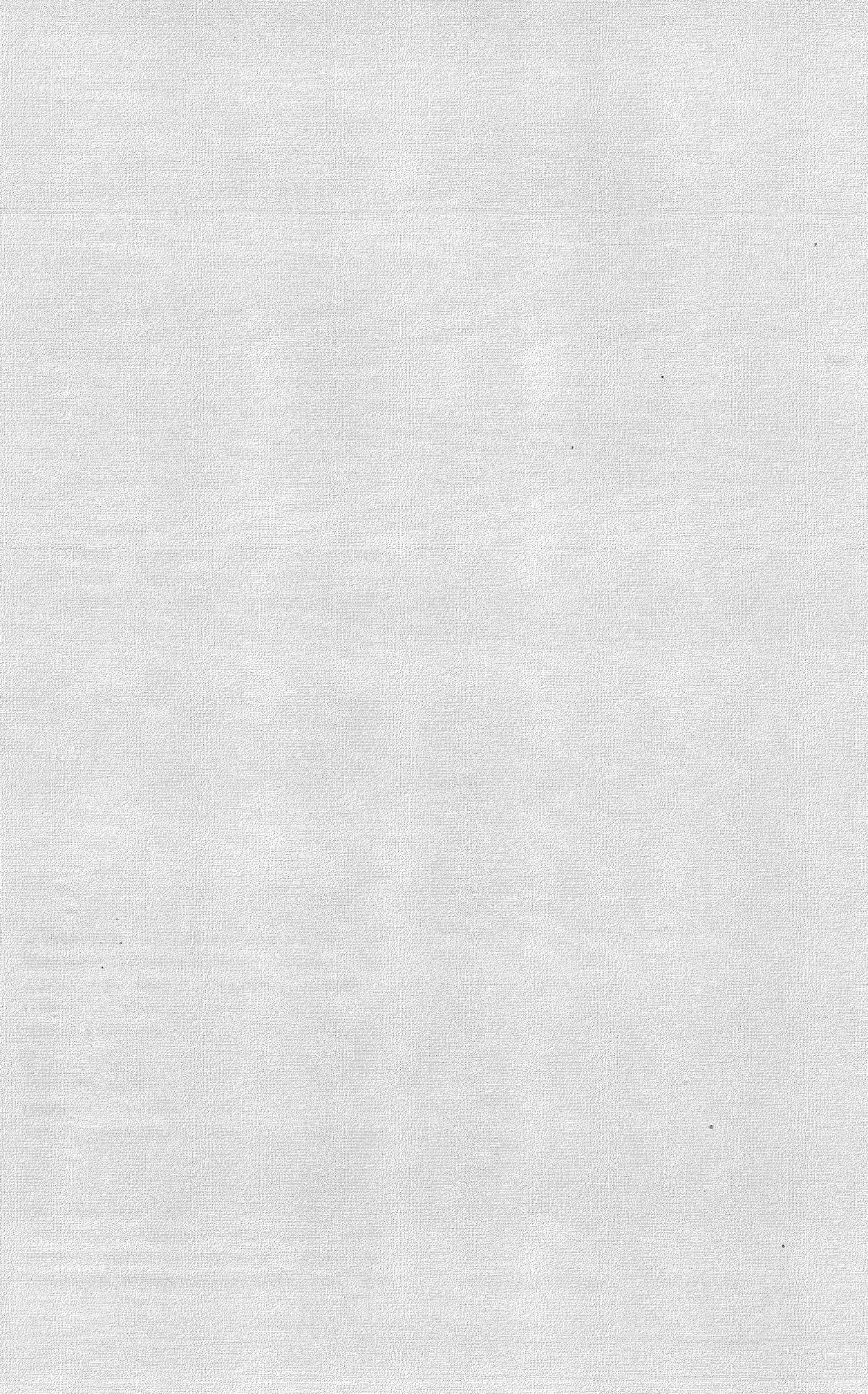
Salazón de la mantequilla: La mantequilla preparada con sal común, adicionada ésta de dos por ciento de cloruro de calcio, se conserva mucho mejor que salándola con sal pura. Para emplear el cloruro de calcio, se humedece la sal con una solución muy concentrada de agua de cal.

La sal común, como alimento del ganado: La sal es muy benéfica a todos los ganados, pues conserva y aumenta la leche de las hembras y, según el decir de las gentes de campo, contribuye también a que arrojen la garrapata, a curar la enfermedad de la sanguijuela y a que crezca suelta la lana de los carneros que la comen.

Acción tóxica de la sal común

A mayor abundamiento de lo que antes expresamos con relación a este asunto, debemos decir que la acción tóxica de la sal empleada en grandes dosis, explica sus propiedades conservadoras para los alimentos, pues se opone a la evolución de los gérmenes que producen la putrefacción.

Otra prueba evidente de la acción tóxica de la sal, y por consecuencia, de que las salmueras muy concentradas hacen imposible la vida de los animales, es el hecho de que muy pequeña cantidad o ninguna de fósiles se encuentran en los yacimientos salinos. Los pescados y demás animales marinos, a medida que el agua se hace más concentrada, buscan las partes más altas y por lo tanto, menos concentradas y acaban por emigrar totalmente.



PARTE III

ANALISIS DE ALGUNAS AGUAS

SALADAS CONTENIDAS EN LAS LAGUNAS INTERIORES DE MEXICO

Contenido de NaCl, Na₂SO₄, Na₂CO₃ en algunas de las lagunas de agua salada situadas en el interior del país, de cuya evaporación solar de sus aguas se extrae la sal común:

SAN LUIS POTOSI

SALINAS

Muestra número 1.

NaCl	=	52	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	16.3	" " "
Na ₂ CO ₃	=	1.3	" " "

Muestra número 2.

NaCl	=	64	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	15.05	" " "
Na ₂ CO ₃	=	0.93	" " "

EL TAPADO

NaCl	=	27.6	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	21.2	" " "
Na ₂ CO ₃	=	1.8	" " "

ZACATECAS

SANTA MARÍA

NaCl	=	103	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	39.3	" " "
Na ₂ CO ₃	=	indicios.	

{SAN COSME

NaCl	=	66.5	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	67	" " "
Na ₂ CO ₃	=	2.6	" " "

CHIHUAHUA

PALOMAS

NaCl	=	65	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	22	" " "
Na ₂ CO ₃	=	0.5	" " "

COAHUILA

VIESCA

NaCl	=	58	gramos por litro.
Na ₂ SO ₄	=	67.5	" " "
Na ₂ CO ₃	=	indicios.	

ANALISIS DE LAS PRINCIPALES SALES MEXICANAS

Contenido de NaCl en las muestras de sal común procedentes de las principales salinas de México, que a continuación se mencionan.

BAJA CALIFORNIA

Lugar donde se produce	Clasificación	NaCl %	Observaciones
PICHILINGUE	Sal de mar en polvo.....	93.96	
"	" " " " bruto.....	91.52	
"	" " " " polvo.....	96.10	
"	" " " " "	93.24	
"	" " " " "	89.32	
OJO DE LIEBRE.....	" natural (como se presenta en los criaderos)	77.41	
" " " "	" " " "	95.00	
ISLA DEL CARMEN.....	" de mar.....	97.00	
" " " "	" " " "	98.00	

SONORA			
Lugar donde se produce	Clasificación	NaCl %	Observaciones
LAS ARENAS, <i>Alamos</i>		98.02	
" " " ".....		99.18	
JALISCO			
SAL DEL ZAPOTE, <i>Sayula</i> Sal de beneficio.....		93.38	
" " PONCILLÁN " " " ".....		85.26	
" " TEPETATE " " " ".....		94.95	
PLAYA DEL ZACUALCO, " " Sal tierra.....		8.70	
PARAMÁN, <i>Mascota</i>		98.02	
MESCALIS, <i>Autlán</i>		96.86	
NAVIDAD " ".....		96.28	
COLIMA			
COLIMA.....	Sal llamada de primera.....	99.76	
" " " ".....	" " " " " ".....	98.96	
" " " ".....	" " " " " ".....	98.02	
" " " ".....	" " " " " segunda.....	95.52	
" " " ".....	" " " " " tercera.....	94.38	
ISLA MARIA MADRE			
ISLA MARIA MADRE.....	Sal de beneficio.....	96.67	Salinas establecidas en la Colonia Penal.
GUERRERO			
GUERRERO.....	Sal de mar.....	96.93	Salinas de San Marcos.
CHIAPAS			
CHIAPAS.....	Sal de mar.....	88.16	Salinas de Jalisco.
TAMAULIPAS			
ALTAMIRA.....	Sal de mar.....	97.81	
CAMPECHE			
CAMPECHE.....	" " " ".....	98.38	
YUCATAN			
CELESTÚN.....	" " " ".....	97.81	
" " " ".....	" " " ".....	96.10	
" " " ".....	" " " ".....	95.52	
COAHUILA			
VIESCA.....	Sal de beneficio.....	84.08	
ZACATECAS			
SANTA MARÍA.....	Sal de beneficio.....		
SAN COSME.....	" " " ".....	97.24	
SAN LUIS POTOSÍ. "SALINAS DEL PEÑÓN BLANCO" (1)			
FÁBRICA DE SAN AGUSTÍN	Sal llamada de primera.....	99.18	(2)
" " " ".....	segunda.....	98.02	
" " " ".....	tercera.....	96.28	
" " LA CANELA.....	primera.....	98.60	
" " " ".....	segunda.....	98.02	
" " " ".....	tercera.....	97.44	
" " GUADALUPE.....	primera.....	99.18	
" " " ".....	segunda.....	97.44	
" " " ".....	tercera.....	96.28	
" " SANTA ROSA.....	primera.....	99.18	
" " " ".....	segunda.....	97.44	
" " " ".....	tercera.....	96.86	
" " " ".....	costra.....	82.94	
" " SAN RAMÓN.....	primera.....	99.76	
" " " ".....	costra.....	92.22	

(1) Todas las sales que elabora la Compañía propietaria de las Salinas del Peñón Blanco, son de beneficio.

(2) Las muestras de sal común de las Salinas del Peñón Blanco que para su análisis obtuve de los señores Sordo y Compañía, de esta capital (que son los agentes generales de venta de dicho artículo en el Distrito Federal), me dieron un contenido de cloruro de sodio de 98.38 y 97.81%, respectivamente.

COMPOSICION MEDIA DE LA SAL COMUN DE PRODUCCION MEXICANA,
QUE SE ENCUENTRA EN EL MERCADO, SEGUN EL RESULTADO
OBTENIDO POR EL ANALISIS DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS
DE LA SAL DE NUESTRO PAIS MEJOR ELABORADA.

SAL DE BENEFICIO

ANALISIS:

	Sal de primera	Sal de segunda	Sal de tercera
Insoluble.....	0.06 %	0.11 %	0.21 %
Materia orgánica .....	.....	.....	0.13 ,,
H ₂ O	0.07 ,,	0.38 ,,	0.42 ,,
CO ₃	0.11 ,,	0.19 ,,	0.13 ,,
SO ₄	0.46 ,,	0.88 ,,	1.31 ,,
Cl.....	60.10 ,,	59.40 ,,	58.73 ,,
Ca.....	.....	.....	0.02 ,,
Na.....	39.39 ,,	39.21 ,,	38.85 ,,
	<u>100.19 %</u>	<u>100.17 %</u>	<u>99.80 %</u>

COMBINACION CONVENCIONAL:

CaSO ₄.....	.....	.....	0.07 %
Na ₂ SO ₄	0.68 %	1.30 %	1.86 ,,
NaCl.....	99.17 ,, (1)	98.01 ,,	96.90 ,,
Na ₂ CO ₃	0.23 ,,	0.34 ,,	0.23 ,,
Insoluble	0.06 ,,	0.11 ,,	0.21 ,,
Materia orgánica .....	.....	.....	0.13 ,,
H ₂ O.....	0.07 ,,	0.38 ,,	0.42 ,,
	<u>100.21 %</u>	<u>100.14 %</u>	<u>99.82 %</u>

SAL DE MAR

	SAL DE ALTAMIRA (Tamaulipas)	SAL DE CELESTUN (Yucatán)
Insoluble	0.59 %	0.52 %
H ₂ O.....	1.42 ,,	1.03 ,,
CaSO ₄.....	.....	2.26 ,,
MgSO ₄	0.46 ,,	0.62 ,,
Na ₂ SO ₄	0.38 ,,	0.18 ,,
NaCl.....	97.81 ,,	96.10 ,,
	<u>100.66 %</u>	<u>100.71 %</u>

Análisis del SULFATO DE SODIO NATURAL (CRISTALILLO) que producen las Salinas del Peñón Blanco
(San Luis Potosí)

Insoluble.....	1.33 %
H ₂ O	48.16 ,,
Na ₂ SO ₄	49.55 ,, (2)
Na ₂ CO ₃	0.33 ,,
NaCl.....	0.25 ,,
	<u>99.72 %</u>

(1) La sal llamada de "primera" elaborada en las Salinas de Colima y del Peñón Blanco, como lo hemos dicho al ocuparnos de estas Salinas, llega a contener hasta un 99.76% de NaCl.

(2) Otra muestra de sulfato de sodio ya calcinado procedente también de las Salinas del Peñón Blanco que se analizó, nos dió un 93.96% de Na₂SO₄.

PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE SAL COMUN

	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911
Estados Unidos..	2.409,174 (1)	2.408,646	2.797,461	3.297,285	3.578,061	3.773,781	3.742,726	3.823,068	3.849,035	3.159,800
Gran Bretaña....	1.924,273	1.917,184	1.921,899	1.920,149	1.996,593	2.016,510	1.873,555	1.851,999	2.083,543	2.116,115
Alemania.....	1.583,458	1.693,935	1.701,654	1.177,557	1.870,212	1.950,689	1.997,635	2.018,607	2.093,184	2.032,483
Rusia.....	1.847,019	1.658,938	1.908,275	1.844,678	1.730,934	1.873,171	1.879,717	2.255,233	2.047,980	.....
India.....	1.056,899	908,911	1.188,900	1.212,600	1.176,324	1.120,453	1.390,153	1.275,688	1.720,194	1.495,687
Francia.....	863,927	967,531	1.153,754	1.130,000	1.335,410	1.226,000	1.099,856	1.113,000	1.051,427	1.339,000
España.....	426,434	427,394	543,674	493,451	541,978	605,895	822,677	800,703	678,057	654,767
Japón.....	620,820	657,489	701,965	483,506	484,000	636,168	659,202	696,049	696,474	567,715
Italia.....	458,497	488,506	464,326	437,699	496,872	505,000	513,070	464,469	503,237	521,453
Hungría.....	174,882	183,327	187,620	195,410	201,369	395,000	.....	231,182	230,315	239,006
Austria.....	310,807	359,014	369,877	343,375	378,912	395,053	388,133	359,801	345,629	342,732
Canadá.....	57,203	56,671	62,411	41,170	69,291	73,858	76,219	76,286	76,310	83,105
Grecia.....	25,200	26,000	27,000	25,201	25,167	26,966	23,988	29,448	25,978	59,940
Argelia.....	27,263	26,329	18,563	27,000	22,615	20,400	25,215	17,817	21,470	20,400

La producción se expresa en toneladas métricas.

DATOS ESTADISTICOS SOBRE PRODUCCION, IMPORTACION Y EXPORTACION
DE LA SAL COMUN EN MEXICO

La producción aproximada de la sal común en nuestro país, se puede estimar que en tiempos normales llega a 155,000 toneladas métricas con un valor total de \$ 5,425,000.

IMPORTACION (1)			EXPORTACION (2)		
Año fiscal	Cantidades en kilos	Valor de factura en moneda mexicana	Año fiscal	Cantidades en kilos	Valor declarado en moneda mexicana
1901-02	763,973	\$ 16,207	1901-02	246,204	\$ 4,537
1902-03	1,178,040	27,628	1902-03	890,518	9,385
1903-04	1,207,283	22,331	1903-04	2,439,404	15,471
1904-05	1,477,210	33,021	1904-05	162,849	8,013
1905-06	1,346,774	61,106	1905-06	457,920	13,298
1906-07	1,337,827	57,987	1906-07	646,873	11,660
1907-08	1,234,600	54,568	1907-08	8,778,256	41,871
1908-09	823,781	36,856	1908-09	5,365,083	66,555
1909-10	586,996	23,211	1909-10	4,428,923	42,223
1910-11	561,665	23,103	1910-11	2,224,878	36,241
1911-12	576,503	23,791	1911-12	321,479	14,592
1912-13	543,156	43,635	1912-13	269,528	16,602
(3)					

(1) Los datos sobre la importación y la exportación fueron tomados del Anuario de Estadística Fiscal, publicado por la Secretaría de Hacienda, siendo de lamentarse la falta de proporcionalidad que existe entre los valores asignados a la sal en uno y en otro caso.

Hasta 1916, la sal pagaba 2 y 3 centavos por kilo (peso bruto); según que se tratara de sal gruesa o en bloques, o de sal finamente pulverizada de calidad superior. Actualmente estos derechos de importación se han reducido a 1 y 2 centavos respectivamente, según sea; como ya antes se dijo, la clase de sal que se traiga del extranjero.

Los principales países de donde se importa sal a nuestro país, son: Estados Unidos, Alemania, Gran Bretaña y Francia (la colonia española radicada entre nosotros, también importa alguna sal de España); pero hasta ahora tanto la importación como la exportación de la sal común realmente no tiene ninguna importancia comercial y económica en nuestro país.

(2) Desde el primero de julio del año en curso, la exportación de la sal común quedará gravada con medio centavo por cada kilo que salga del país.

Según los datos oficiales de gobiernos anteriores, México exporta sal en pequeñas cantidades a Estados Unidos, a Cuba, a Guatemala y a otros países de Centro América, pero a este respecto, conviene hacer notar que en vista de la falta de elementos para la vigilancia de nuestras costas, clandestinamente y en diferentes épocas, se han explotado algunas ricas salinas de la Baja California.

(3) Carecemos de datos posteriores a los arriba consignados, no obstante nuestro empeño en obtenerlos.

BIBLIOGRAFIA NACIONAL

Instituto Geológico de México.—Boletín núm. 11. Catálogo sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera. 1898-158 pp.

Paregonos, T. IV. núms. 2-10. Memoria de la Comisión del Instituto Geológico de México, que exploró la región Norte de la Baja California. Páginas 383-409.

Sociedad Geológica Mexicana.—Boletín T. V, páginas 99-100. "Geografía Física del Estado de Yucatán," por Fernando Urbina.

El Minero Mexicano:

T. VIII. Núms. 17, 20 y 35.

T. IX. Núms. 27, 28 y 29.

T. XXIII. Núms. 959 y 962.

T. XXXIII. Núm. 5.

Herrera (A) y Mendoza (G).—Sobre el origen del cloruro y del carbonato de sodio, en el Valle de México. Gaceta Médica, 1864.

Orozco y Berra (Manuel).—Memoria sobre la Carta Hidrográfica del Valle de México (1864).

Hernández y Dávalos.—Materiales pa-

ra el Diccionario Geográfico, Estadístico, Histórico y Biográfico del Estado de Jalisco. Bol. Soc. de Geog. y Est. 2.^a época, 1870, pág. 453-484.

Hay (Guillermo).—Apuntes geográficos, estadísticos e históricos, del Distrito de Texcoco. Bol. Soc. de Geog. y Est. de la Rep. Mex. 2.^a época, 2, 1870, p. 541-555.

Ramírez (Santiago).—"La riqueza minera de México;" México, Tip. Secretaría de Fomento, 1884, 768. II p.

Landero (Carlos F. de).—Sinópsis mineralógico o catálogo descriptivo de los minerales. (1888).

García Cubas (Antonio).—Diccionario geográfico, histórico y biográfico de los Estados Unidos Mexicanos. T. I, 1888; T. II, 1890.

Philippi (E).—Analyse des efflorescences salines provenant des terrains du lac de Zacoalco (Jal). Rev. Sociedad Alzate, 21-1904, p. 12-13.

Wittich (Ernesto).—Las salinas de Ojo de Liebre, B. C.

Boletín Minero. Septiembre, 1916.

BIBLIOGRAFIA EXTRANJERA ⁽¹⁾

Ainsworth, Samuel.—Kansas. The Rock Salt Mining Industry in Kansas; Eng. & Min. Jour., Sept. 4, 1909, pp. 454-456.

Bailey, Gilbert.—California. The Saline Deposits of California; Bull. California State Mining Bureau, No. 24, 1902, pp. 105-138.

Bailey, L. W.—New Brunswick. The Mineral Resources of the Province of Brunswick; Rept. Geol. Surv. Can, Vol. X, 1897, Pt. M.

Barbour, P. E.—Utah. The Utah Solar Salt Industry; Eng. & Min. Jour. July 8, 1911, pp. 74-75.

Bernabé, Juan F.—Puna de Atacama. Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama. Anales del Ministerio de Agricultura. Rep. Argentina. T. X. Núm. 5, 1915.

Bownocker, J. A.—Ohio. Salt Deposits and the Salt Industry in Ohio; Bull. Ohio Geol. Surv., No. 8, 1906.

Breger, C. L.—Idaho-Wyoming. The Salt Resources of the Idaho Wyoming

(1) Con el objeto de que esta Bibliografía resultara lo más completa posible, además de las publicaciones consultadas, figuran otras citadas por diversos autores.

Border with Notes on the Geology; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 430, 1910, pp. 555-569.

Brumell, H. P. H.—Ontario. Report on the Natural Gas and Petroleum in Ontario; Rept. Geol. Surv. of Canada, Vol. V. 1890-91, Pt. Q.

Buschmann, J. Ottaker von.—Das Salz, dessen Vorkommen und Verwertung in Samtlichen Stagen der Erde, Leipzig, 1909, Vol. I. p. 768, Vol. II, p. 506.

Clarke, F. W.—"The Data of Geochemistry," Bull. U. S. Geol. Surv. No. 491, 2nd. Edition, 1911.

Cole, Heber. L.—Report on The Salt Deposits of Canada and The Salt Industry. Canada Department of Mines 1915. No. 325.

Chatard, T. M.—The Salt Making Processes in the United States; 7th, Ann. Report U. S. Surv., 1888, pp. 120-125.

Chemical Trade Journal.—The Cheshire Salt Industry; Sept. 30, 1911.

Cummins, W. F.—Texas. Salt in North Western Texas; 2nd. Ann. Rept. Texas Geol. Surv. 1891, pp. 444-449.

Darton, N. H.—New Mexico, Zune Salt Deposits, New Mexico; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 260, 1905, pp. 565-566.

Davies, D. C.—A Treatise on Earthy Minerals and Mining; Chaps. IV, V, pp. 61-101.

Dolbear, C. E.—California. The Searles Lake Potash Deposit; Eng. & Min. Journ. Feb. 1st. 1913, p. 259.

Eckel, E. C.—California, Utah. The Salt Industry in Utah and California; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 225, 1904, pp. 488-495. Virginia. Salt and Gypsum Deposits of Southwestern Virginia; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 213, 1903. pp. 406-416.

Englehardt, F. F.—New York. The Manufacture of Solar Salt in the State of New York; Bull. N. Y. State Museum, No. 11, 1893, pp. 38-69.

Fletcher, Hugh.—Nova Scotia, On Geological Surveys and Explorations in Counties of Guysborough, Antigonish,

Pictou, Colchester and Halifax, Nova Scotia; Rept. Geol. Surv. Canada, 1886, Pt. P.

Fiegel, G.—Zethstein Salt in the lower bottom on Rhine; Gluckauf, Jan. 20, 1912.

Frasch, Hermann.—An improved method for Mining Salt; Min. World, Feb. 15, 1908.

Grimsby, G. P.—West Virginia. Salt in West Virginia; West Virginia Geol. Surv. Vol. IV. Pt. 2, 1909, pp. 286-354.

Gould, C. N.—Oklahoma. The Oklahoma Salt Plains; Trans. Kansas Acad. Sci. Vol. XVII. 1889-1900, pp. 181-184.

Hahn, F. F.—The Form of Salt Deposits; Econ. Geol. Vol. VII, No. 2, Feb. Mar. 1912, pp. 120-125.

Harris, G. D.—Louisiana, Rock Salt; Its Origin, Geological Occurrences, and Economic Importance in the State of Louisiana; Bull. Louisiana Geol. Surv. No. 7. 1908, pp. 259.

Louisiana. The Geological Occurrences of Rock Salt in Louisiana and East Texas; Econ. Geol. Vol. IV. No. 1, 1909, pp. 12-34.

Haywood, A. A.—Salt: Its History and Manufactures and Occurrence; March, 1906, pp. 99-116, Vol. II.

Hilgard, E. W.—Louisiana. The Salines of Louisiana; Mineral Resources U. S. for 1882-1883, pp. 554-565.

Hoffman, G. C.—Manitoba. Analysis of Brines from Manitoba; Rep. Geol. Surv. of Canada, Vol. V, 1890-91.

How, Dr. Henry.—Nova Scotia. On some Brine Springs of Nova Scotia; Proc. and Trans. of the N. S. Inst. of Nat. Sci. Vol. I, Pt. 3, p. 75.

Hubbard, L. L.—Michigan. The Origin of Salt, Gypsum, and Petroleum; Geol. Surv. of Mich. Pt. 2, 1895, pp. 9-24.

Hunt, T. S.—Ontario. Geology of Petroleum and Salt; Geol. Surv. of Canada. Rep. of Prog. 1865-66.

Ontario. On the Goderich Salt Region; Geol. Surv. of Canada, Rep. of Progress, 1866-69.

Ontario. The Goderich Salt Region; Geol. Surv. of Canada, Rep. of Progress, 1876-77.

Ontario. On the Goderich Salt Region; Trans. Am. Inst. of Mining Engineers, Vol. V.

Ingall, E. D.—Canada, On Salt; Rep. Geol. Surv. of Canada, Vol. I, N. S. 1886, Pt. S.

Kegel, H.—Underground Working in Potash Salt Mines of Great Depth; Gluckauf, Oct. 6, 1906.

Kindle, E. M.—New York. Salt Resources of the Watkins Glen District, N. Y.; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 260, 1905, pp. 567-572.

Kirk, M. Z.—Kansas Salt; Mineral Resources of Kansas, 1898, pp. 66-97.

Kansas. Technology of Salt; Mineral Resources of Kansas, 1898, pp. 98-128.

Lane, A. C.—Michigan. Report for year 1901, Geol. Surv. of Michigan. Journal of Geology; Vol. 14. 1906, p. 221.

Lapparent, A. de.—Traité de Géologie; Quatrième Edition, Paris, 1900.

Launay, L. de.—Traité de Métallogénie, (Gîtes Minéraux et Métallifères) 1913. La Science Géologique.

Le Conte, Joschp.—Elements of Geology, 5th. Edition, 1908.

Lefèvre, J.—Dictionnaire de l'Industrie.

Lomas, John. Alkali Trade, A. Manual 2nd. Edition. p. 376.

London Engineer.—New Salt Works in Cheshire, June 10, 1910.

New Salt Works in Cheshire, Oct. 27, 1911.

Lucas, A. F.—Louisiana. Rock Salt in Louisiana; Trans. Am. Inst. of Mining Engineers; Vol. XIX, 1899, pp. 462-474.

Louisiana. The Avery Island Salt Mines and the Joseph Jepherson Salt Deposits; Eng. & Min. Journal. Nov. 14, 1896.

Martone, Emmanuel de.—Traité de Géographie Physique, Paris, 1913.

McConnell.—Saskatchewan. On the Cy-

press Hills Wood Mountain and adjacent Country; Rep. Geol. Surv. of Canada, 1885, Pt. C, pp. 15-22.

Merril, F. J. H.—New York. Salt and Gypsum Industries of New York, Bull. N. Y. State Museum, Vol. III. No. 11.

Merril G. P.—The Non Metallic Minerals, 2nd. Ed. revised.

Newland, D. H.—New York. The Mining and Quarry Industry of New York State; N. Y. State Museum, Bull. No. 161, p. 55.

Niedzwiedski, J.—Geological Sketch of Salt Mountains of Kalusz in East Galicia in Ostgalizien; Serial 1st pt. July 27, 1912.

Ochenius, C.—Bildung von Steinsalzlageren; Chem. Zeitung, Vol. II. 1887, pp. 848, 935, 1549.

Phalen, W. C.—Salt making by Solar Evaporation—Transactions of the Am. Inst. of Mining Engineers, Vol. I, p. 934.

Phenis, Albert.—Louisiana. Louisiana's Island Salt Mines; Manufacturers Record June 22nd. 1911, p. 48.

Picstrak, Felia.—The Salt Pits in Galicia and Bukowina, Oest Zeitschr f Berg-u-Huttenwesen, Feb. 17, 1910.

Reiml, Hans.—The Grubach and Abtenau Salt Deposits, Oest Zeitschr f Berg-u-Huttenwesen, Ap. 16, 1910.

Richardson, G. B.—Texas. Salt, Gypsum and Petroleum in Transpecos Texas; Bull. U. S. Geol. Surv. No. 260, 1905, pp. 573-585.

Root, W. J.—New York. The Manufacture of Salt and Bromine; Rep. Ohio Geol. Surv. Vol. VI. 1888. pp. 653-670.

Salisbury, R. D.—Journal of Geology Vol. 13. 1905. p. 469.

Schnable, Anton.—Statistics of the Alpine Salt Industry; Oest Zeitscher f Berg-u-Huttenwesen, May 14, 1910.

Schraml, C.—Leaching Brine from Salt Mines; Oest Zeitschr f Berg-u-Huttenwesen, April 23, 1910.

The Artificial lixiviation of Rock Salt;

Oest Zeitschr f Berg-u-Huttenwesen, Oct. 27, Nov. 3, 1916.

Schrempf, J.—The Kayser Process for the Production of Table Salt and the Concentration or Evaporation of other Solutions; *Gluckauf*, Feb. 3, 1912.

Schult, A. R.—Wyoming, Deposits of Sodium Salts in Wyoming; *Min. World*, Dec. 31, 1910. No. 19,858.

Snider, L. C.—Oklahoma. The Gypsum and Salt of Oklahoma; *Bull. 11. Oklahoma, Geol. Surv.* July 1913.

Smith, J. S.—Canada. History and Statistics of the Trade and Manufacture of Canadian Salt; *Geol. Surv. of Canada, Rept. of Progress*, 1874-75.

Statistical Review.—Germany's Salt Production in year 1906-10, 2 parts, *Oest Zeitschr f Berg-u-Huttenwesen*, Feb. 3, 1912.

Stose, G. W.—Virginia. Geology of the Salt and Gypsum Deposits of Southwestern Virginia; *Bull. U. S. Geol. Surv.* No. 530, 1912.

Scientific American Supplement.—Salt Manufacture in Great Britain; Feb. 3, 1912.

Thompson, Fred. J.—Salt Mining near

Fleetwood; *Col. Guard.* May 24, 1907. No. 84,756, A.

Veatch, A. C.—Louisiana. The Five Islands; *Report Louisiana Geol. Surv. for 1899, Special Report No. 3*, pp. 213-262.

Louisiana. The Salines of North Louisiana, *Rept. Louisiana Geol. Surv. for 1902*, pp. 47-100.

Wagner et Gautier.—*Chimie Industrielle.*

Ward, F.—*Manufacture of Salt; Journ. Coc. Arts*, 1894.

Wilder, F. A.—Iowa. The Age and Origin of the Gypsum of Central Iowa, *Journal of Geology*, Vol. II, 1903, pp. 723-748.

Wooten, Paul.—Louisiana. Louisiana Salt Mines; Their Operation and Output; *Mining and Engineering World*, Feb. 17, 1912, pp. 401-402.

Wunstorff, W.—Zethstein Salt in the Lower Rhine Bottoms, Jan. 20, 1912.

Young, C. M.—Kansas. Notes on the Evaporated Salt Industry of Kansas; *Eng. and Min. Journ.* Sept. 18, 1909, pp. 558-561.

Kansas. Rock Salt Mining Operations in Central Kansas, *Min World*, June 17, 1911, pp. 1223-1225.