

Quel. 4359
256

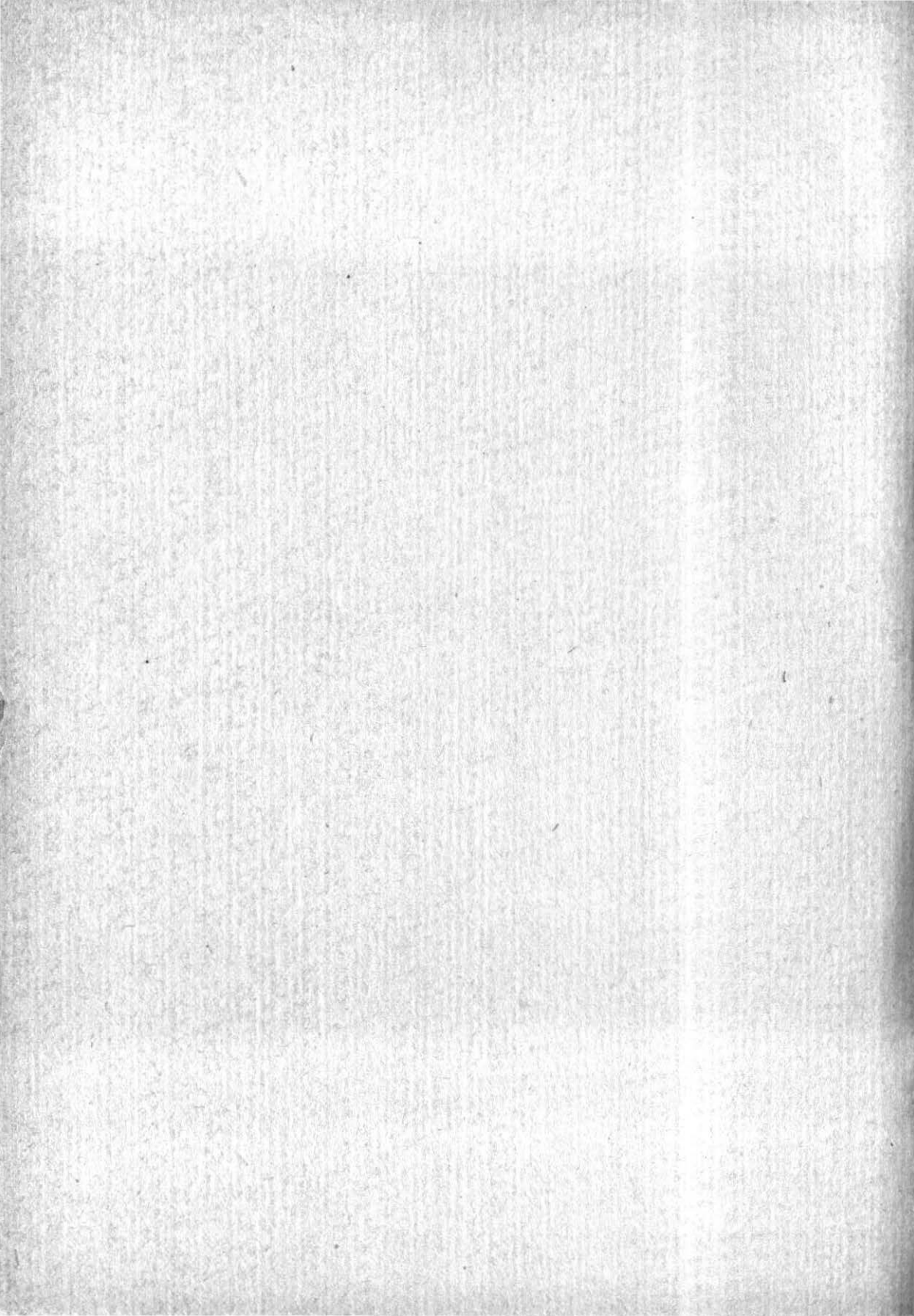
ING. TEODORO FLORES

Posibilidades de la existencia y producción de Sales de Potasa en la República Mexicana.



IMPRESA "EL NIGROMANTE"
JUSTO SIERRA 23
MEXICO, D. F.
1944.

CXZ





Posibilidades de la Existencia y Producción de Sales de Potasa en la República Mexicana

INTRODUCCION

Lamento, ante todo, que por limitaciones de tiempo y por impedírmelo convenios de carácter internacional, no me sea dable aquí dar detalles de los estudios que actualmente se están llevando a cabo y que constituyen por ahora una de nuestras más importantes actividades. Me refiero a las investigaciones que en cooperación con la Secretaría de la Economía Nacional y el "United States Geological Survey" de Washington, D. C., está realizando el Instituto de Geología sobre yacimientos de minerales estratégicos. En su oportunidad se darán a conocer, por medio de nuestras publicaciones, los resultados de dichos trabajos que se ligan con la defensa del Continente.

Trataré pues, en esta ocasión, de otro de los aspectos importantes de nuestro servicio, que se relaciona con la industria básica del país o sea la Agricultura, en lo que concierne a los recursos naturales que pueden emplearse para estimular el rendimiento de los cultivos y aumentar por consiguiente la producción

agrícola, contrayéndose así el tema de este estudio a las posibilidades de la existencia de sales de potasa en la República Mexicana.

Las únicas naciones que suministraban sales de potasa al mundo, hasta antes de la Guerra Europea, (1914-1918) habían sido Alemania y Alsacia, estando prácticamente controlada hasta entonces, la producción de Alsacia por Alemania, nación que tenía el monopolio de las sales de esta naturaleza.

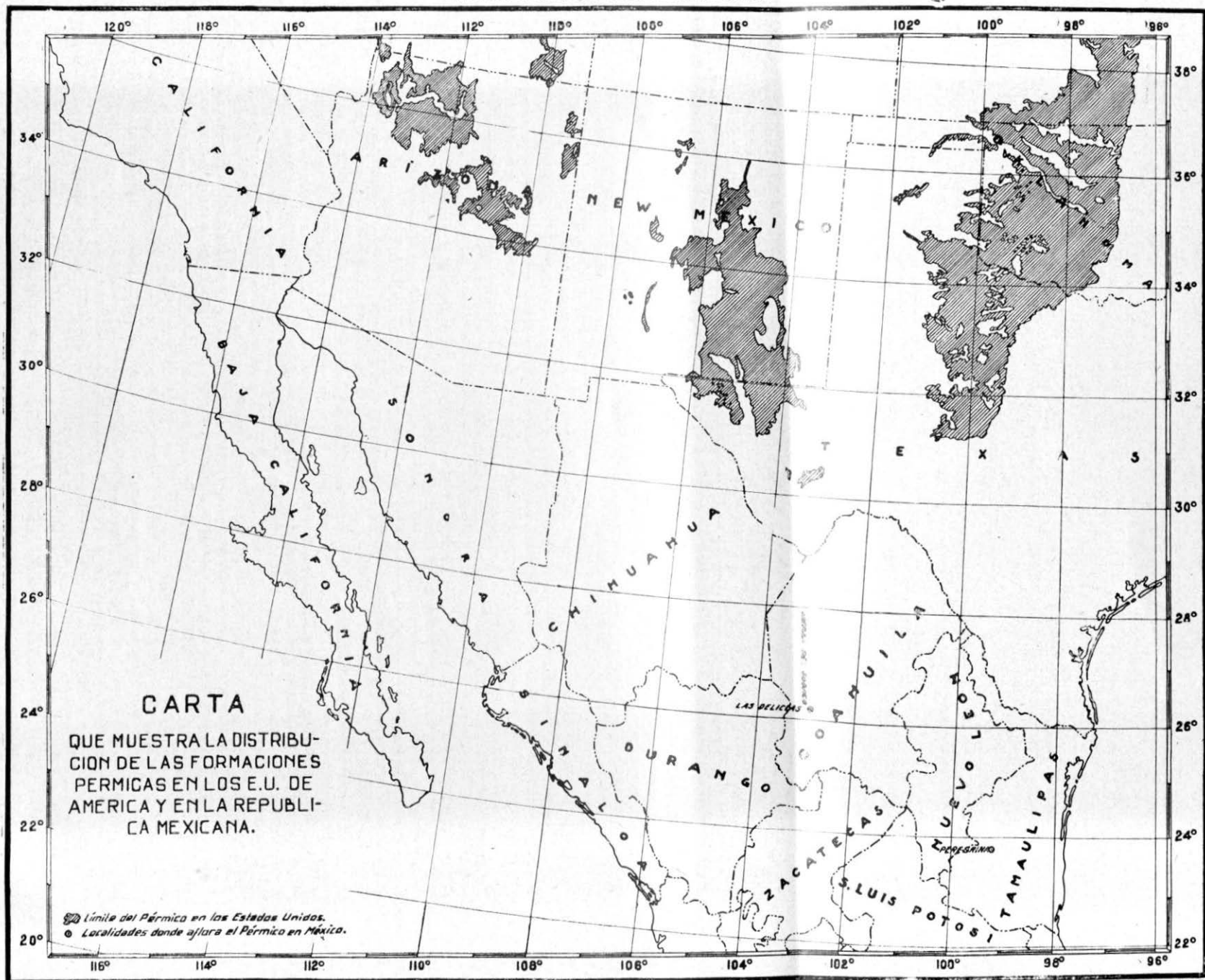
Después de esa guerra y como uno de los resultados de ella, las minas de potasa de Alsacia fueron cedidas a Francia, terminando así dicho monopolio; pero en la presente contienda mundial ha sido invadida toda Francia, quedando por lo tanto la región productora de sales de potasa de nuevo en poder de Alemania.

Desde la primera guerra mundial, las demás naciones resintieron las consecuencias de ese monopolio y varias de ellas, los Estados Unidos principalmente, comenzaron a preocuparse por independizarse de él y principiaron a realizar la exploración de su territorio para iniciar su producción doméstica.

La perforación de pozos petroleros en los Estados de Texas y Nuevo México había permitido descubrir la existencia de sales potásicas en varios de los horizontes atravesados por las perforaciones, presentándose en las capas salinas de esos horizontes sales potásicas bajo la forma de pequeños núcleos de color amarillo o rojizo contenidos en los mantos de sal común, núcleos que analizados dieron un por ciento de K_2O variable entre 6.14 y 9.23. Dichos núcleos aparecieron en las capas de edad pérmica, conocidas con el nombre de "Red Beds".



Desde la época de este descubrimiento fueron emprendidas por el Gobierno de la Unión Americana se-

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO



CARTA

QUE MUESTRA LA DISTRIBUCION DE LAS FORMACIONES PERMICAS EN LOS E.U. DE AMERICA Y EN LA REPUBLICA MEXICANA.

 Límite del Pérmico en los Estados Unidos.
 Localidades donde aflora el Pérmico en México.

rias exploraciones en las formaciones pérmicas de los dos Estados mencionados, iniciándose así la explotación de sales potásicas que fué ampliada más tarde.

En épocas posteriores pudo comprobarse la presencia de alunita en los pórfidos graníticos de Arizona y en varias localidades de los Estados de Colorado, Nevada y Utah.

Corresponde ahora a México investigar por medio de su Instituto Geológico la existencia de sales de potasa en su territorio y las posibilidades de su producción comercial, ya que las formaciones pérmicas americanas de Texas y Nuevo México penetran muy probablemente a profundidad en su territorio, según lo manifiestan los afloramientos de esta edad descubiertos en los Estados de Coahuila y Tamaulipas. (Véase la Carta Geológica anexa).

IMPORTANCIA Y USO DE LAS SALES DE POTASA.

La presencia de sales de potasa en el suelo y subsuelo constituye uno de los elementos más importantes para la alimentación de las plantas, siendo por lo tanto indispensable para la agricultura, pues su uso como fertilizantes es uno de los principales; pero no el único, pues la potasa se usa también para la fabricación de explosivos, vidrios de la mejor calidad, papel, cerillos, jabones, pinturas, esmaltes, tinturas, medicinas, gemas artificiales y se emplea también en la fotografía, galvanoplastia, curtiduría, blanqueo, etc.

Es pues la potasa una de las sustancias de primer orden indispensable en la vida moderna e industrial de las naciones.

FUENTES DE POTASA

Las fuentes de potasa, enumeradas por su orden de importancia, son las siguientes:

1. - Los depósitos de sales sólidas solubles.
2. - Las aguas del mar o de los lagos y las salmueras, cuando contienen proporciones apreciables de K_2O .
3. - Ciertas sustancias de origen vegetal, tales como cenizas de madera, residuos de la fabricación de azúcar de betabel, algas, etc.
4. - Ciertas sustancias de origen animal, tales como las procedentes de los lavados de la lana de las ovejas.
5. - Sustancias que provienen de la putrefacción de materias orgánicas nitrogenadas.
6. - Los polvos que acompañan a los humos de los hornos (kilns) en la fabricación del cemento o en los hornos de las Fundiciones de fierro.
7. - Minerales insolubles de base de potasa donde quedan incluidos ciertos silicatos y todas aquellas especies minerales que contengan proporciones apreciables de K_2O .

ESPECIES MINERALES QUE CONTIENEN POTASA.

El siguiente cuadro muestra las especies minerales que contienen proporciones altas o apreciables de K_2O .

Nombre	Composición	Cont. en po- tasas en oro
Cloruros:		
Sylvita	KCl	52.4
Carnalita	KCl · MgCl ₂ · 6H ₂ O	14.1
Cloro-sulfatos: Kainita	MgSO ₄ · KCl · 3H ₂ O	18.9
Sulfatos:		
Alunita	K ₂ Al ₆ (OH) ₁₂ (SO ₄) ₄	11.4
Polyhalita	K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ · 2H ₂ O	12.9
Langbeinita	K ₂ SO ₄ · 2MgSO ₄	18.8
Leonita	K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ · 4H ₂ O	25.5
Syngenita	K ₂ SO ₄ · CaSO ₄ · H ₂ O	23.9
Krugita	K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ · 4CaSO ₄ · 2H ₂ O	8.9
Aptitalita (glaserita)	(K,Na) 2SO ₄	35.3
Picromerita (schönita)	K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ · 6H ₂ O	19.4
Kalinita	K ₂ SO ₄ · Al ₂ (SO ₄) ₃ · 24H ₂ O	8.2
Nitratos: Nitro	KNO ₃	38.6
Silicatos:		
Leucita	KAl(SiO ₃) ₂	17.8'
Feldespatos:		
Ortoclasa	KAlSi ₃ O ₈	14.0
Microclina	KAlSi ₃ O ₈	14.0
Anortoclasa	(Na,K) AlSi ₃ O ₈	2.10

Nombre	Composición	Contenido en potasa en %
Micas:		
Muscovita	$H_2KA_3(SiO_4)_3$	9.8
Biotita	$(H,K)_2(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)_3$	5.2-8.4
Flogopita	$(H,K,Mg,F)3Mg_3Al(SiO_4)_3$	6.7-8.6
Lepicolita	$K,Li(Al(OH,F)_2Al(SiO_3)_3$	8.9-10.2
Zinnwaldita	$H_2K_4Li_4Fe_3Al_8FSi_{14}O_{42}$	8.8
Roscoelita	$H_8K(Mg,Fe)(Al,V)_4(SiO_3)_{12}$	6.3-8.6
Glauconita	$KFeSi_2O_6 \cdot nH_2O$	1.9-7.1
Carnotita	$K_2O \cdot 2O_2O_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$	8.6-9.3
Nefelita	$K_2Na_6Al_8Si_6O_{34}$	7-5.9

ESPECIES MINERALES INDUSTRIALMENTE EXPLOTABLES.

Del cuadro anterior son especies minerales comercialmente explotables, en primer lugar las sales solubles de potasa tales como la sylvita, carnallita, kainita, polyhalita, langbeinita, etc., que son las que se han explotado en grande escala en las minas de Alemania y Alsacia.

Me ocuparé en seguida del modo de yacimiento de sales de esta naturaleza y después de las condiciones geológicas de las formaciones en que se encuentran tanto en Norteamérica como en México.

MODO DE YACIMIENTO.

En el siguiente cuadro sinóptico puede apreciarse la naturaleza de las formaciones en las que se presentan los principales minerales potásicos.

Minerales.	Depósitos sedimentarios						
	Concentraciones mecánicas. Reacción mutua de las soluciones.	Concentraciones químicas.		Rocas ígneas. Pegmatitas.	Criaderos en vetas en relación con rocas ígneas.	Criaderos de metamorfismo de contacto. Depósitos fumarólicos; sublimados volcánicos. Rocas metamórficas.	
		Residuos salinos de evaporación de diques solventes					
		Aguas superficiales.	Aguas subterráneas.				
						Criaderos debidos a circulación de aguas meteóricas.	
Cloruros:							
Sylvita		X					X
Carnallita		X					
Cloro-sulfato; Kainita		X					
Sulfatos:							
Kalinita			X			X	
Alunita					X		X
Polyhalita		X					
Langbeinita		X					
Picromerita		X				X	
Nitratos: Nitro			X				
Silicatos:							
Feldespatos:							
Ortoclasa	X			X	X	X	X
Microclina	X			X	X	X	X
Micas:							
Muscovita	X			X	X	X	X
Biotita	X			X	X	X	X
Flogopita	X			X	X	X	X
Lepidolita	X			X	X		
Roscoelita					X		X
Zinnwaldita				X	X		
Glauconita	X						X
Leucita				X			
Nefelita				X	X		X

CONDICIONES GEOLOGICAS EN LAS FORMACIONES PERMICAS EN LOS ESTADOS UNIDOS Y EN MEXICO

Como he dicho ya, las especies minerales que contienen potasa industrialmente explotable, son las sales sólidas solubles, que figuran en el cuadro anterior como originadas por la concentración de aguas salinas superficiales o subterráneas, presentándose estas sales tanto en Europa como en Norteamérica en formaciones de edad pérmica.

Trataré aquí de estas últimas y particularmente de las que ocurren en los Estados de Texas y Nuevo México, limítrofes con los Estados fronterizos de nuestro país.

Los depósitos de sales de potasa de Texas y Nuevo México, están asociados y forman parte de las extensas formaciones salinas que se encuentran debajo de la superficie del terreno en esos Estados, a una profundidad de 106 m. y 550 m. Estas formaciones son de edad pérmica y ocupan el fondo de una amplia cuenca sinclinal de corta profundidad, que ha sido rellena por sales resultantes de la evaporación de un mar primitivo. Las formaciones salinas se extienden hacia el NE., a través de la porción occidental de Oklahoma y la parte central de Kansas; pero los depósitos importantes de sales de potasa se limitan a la porción sur y representan, probablemente, el estado final de la evaporación de aguas madres existentes en cuencas semejantes. El borde occidental de esta región deprimida, sigue más o menos el curso del río Pecos, mientras su borde oriental se hunde hacia el NE. hacia el Condado de Crockett, Texas, a través de los condados de Reagan y Glasscock. El estado final de evapora-

ción de las aguas marinas produjo el depósito de sales potásicas que tuvieron lugar en el fondo de estas cuencas o de pequeñas lagunas, en la región ocupada por un antiguo mar. Los productos de esta evaporación fueron sal gema y anhidrita, con sales de potasa en mantos delgados interestratificados.

Las formaciones salinas en las que se presentan los depósitos de sales potásicas, se encuentran cubiertas por una serie de pizarras arcillosas blandas y por areniscas, con las cuales alternan calizas en lechos delgados.

El mineral de potasa principalmente explotado es la polyhalita, cuya composición química corresponde como se ha visto, a un sulfato de calcio, magnesio y potasio hidratado, que contiene un 12.9% de K_2O . Esta especie mineral es la predominante en Texas y su yacimiento fué descubierto al perforar pozos petroleros; pero en el Estado de Nuevo México se han encontrado además mantos pequeños de sylvita, carnallita, kainita y langbeinita.

En el Estado de Arizona el "Santa Fé Railway" perforó un pozo artesiano en el Condado de Adamana que atravesó capas pérmicas ("Red Beds"), habiéndolo arrojado el análisis de las aguas un contenido de sustancias sólidas en un 4.89%, del cual contenido un 0.35% fué de potasa.

En México se presentan formaciones pérmicas en los Estados de Coahuila y Tamaulipas.

En Coahuila afloran al pie de la Sierra del Sobaco, situado en las cercanías de la hacienda de las Delicias, que se halla a 68 Kms. al N. de San Pedro de las Colonias. Dicha Sierra está constituida en su parte inferior por capas pérmicas y en su porción superior

por calizas del Cretásico Medio que forman el macizo principal de la Sierra.

Las formaciones pérmicas, que se conocen con el nombre de Capas de Las Delicias, consisten en una serie sedimentaria de cerca de 2,000 metros de espesor cuyos miembros inferiores son arcillas negruzcas, en lechos delgados que alternan con capas de poco espesor de una arenisca amarillenta o verdosa, conteniendo a veces las arcillas, concreciones calcáreas o intercalaciones lenticulares de calizas, conglomerados y materiales volcánicos detríticos. Las calizas contienen fósiles característicos del pérmico tales como: *Fusulina elongata*, *Productus aff. gratiosus*, *Myalina aff. permiana* etc.

La presencia del Pérmico en la Mesa Central aflorando en cortas extensiones y rodeado por todas partes por sedimentos del Jurásico y sobre todo del Cretásico, llamó la atención de los geólogos desde su descubrimiento, por el Dr. Haarmann en 1913.

E. Bose hace notar (1) que la naturaleza petrográfica del Pérmico de la Sierra del Sobaco, es del todo diferente de la región de Transpecos en Texas y Nuevo México; pero dice que no obstante esta diferencia tan marcada es muy probable que las formaciones de Coahuila sean la continuación de aquellas de los mencionados Estados americanos, como se deduce del carácter de los fósiles, y explica la existencia del Pérmico en la hacienda de Las Delicias, en la Mesa Central, suponiendo que allí termina el continente triásico-jurásico de aquellos Estados, haciendo notar también que el Aptiano, carac-

(1) "On the Permian in Coahuila, Northern Mexico: by Emil Bose. Véase The American Journal of Science, 5a. serie, Vol. I, New Haven, Conn., 1921, págs. 188 y sig.

terizado por los fósiles: *Monopleura* y *Orbitolina texana*, se apoya en discordancia sobre el Pérmico Inferior.

En el Estado de Tamaulipas el Pérmico ocurre cerca de Peregrina en el Cañón de la Presa a 11 Kms. y a 38° NW de Ciudad Victoria (2). Las formaciones pérmicas están constituidas allí por pizarras arcillosas grises o negras carbonosas que alternan con capas de areniscas y descansan discordantemente sobre formaciones del Mississippiano, estando cubiertas por capas triásicas.

En los Estados de Sonora y Chihuahua, limítrofes respectivamente con los de Arizona y Nuevo México, no afloran en la superficie formaciones de edad pérmica, presentándose solamente en extensiones superficiales reducidas, formaciones de edades silúrica y triásica siendo posible que se encuentren abajo horizontes pérmicos salinos, en condiciones semejantes a los de los Estados Unidos, siendo, por consiguiente posible la existencia de sales potásicas a la profundidad.

FORMACIONES IGNEAS QUE CONTIENEN POTASA

Además de las formaciones sedimentarias de que acabo de ocuparme, deben tenerse en cuenta aquellas de naturaleza ígnea, cuyos productos de alteración dan lugar a compuestos potásicos, como son la alunita, cuya presencia se ha descubierto en varios Estados norteamericanos.

(2) Véase "Geology of the Tampico Region-Mexico" por John M. Muir, published by "The American Association of Petroleum Geologists", Tulsa, Oklahoma, 1936, pág. 9.

En Arizona, cerca de Patagonia, se presenta la alunita en los pórfidos graníticos que cuando está pura contiene 9.2 de K_2O ; en esta localidad este mineral proviene principalmente de un reemplazamiento metasomático del feldespato ortoclasa del pórfido granítico, que ha sido realizado por soluciones hidrotermales a través de las diaclasas que cruzan esta roca ígnea.

En Nevada existe la alunita en el Distrito de Board, donde se presenta en rocas efusivas especialmente en riolitas y en los respaldos de los criaderos metalíferos de esta región.

En Utah en los alrededores de Marysvale, fué desde hace tiempo descubierto un criadero de alunita (3), que se encontró contenido en las andesitas y dasitas de la sierra de Fushar, cuyos productos analizados, dieron un % de K_2O variable entre 9.71 y 10.46.

En Colorado, en San Cristóbal, (4) existe otro depósito de alunita que se encuentra localizado en la parte alterada de rocas efusivas de edad terciaria (basaltos y riolitas).

En México, Larios tuvo la oportunidad de estudiar yacimientos de alunita en el Cerro del Roble de Delgado (5) cerca del pueblo de Neutla, Municipio de Comonfort del Estado de Guanajuato. Los yacimientos consisten en una arenisca cuyos granos cuarzosos se hallan cementados por alunita, gibbsita y halloysita. Del material procedente de ese criadero fueron ana-

(3) Véase Bulletin No. 511 del "United States Geological Survey" págs. 6 y sig.

(4) "Alunite in the San Cristobal Quadrangle". Véase Bull. No. 530 de la U. S. Geological Survey, Washington, 1913. págs. 180 y sig.

(5) H. Larios. Informe Inédito, 1934.

lizadas cinco muestras que dieron 3.60, 2.46, 2.86, 2.99 y 3.00% de potasa, respectivamente, habiendo estimado Larios la capacidad del criadero en no menos de tres millones de toneladas, tonelaje que considera de fácil extracción.

OTROS YACIMIENTOS DE SALES POTASICAS

En el cuadro anteriormente expuesto relativo al modo de yacimiento de los criaderos de potasa, se señalan aquellos yacimientos originados por residuos salinos que deja la evaporación de las aguas saladas de carácter superficial o de carácter subterráneo.

Con respecto al primer tipo existente en nuestro país, debo mencionar las sales contenidas en las aguas del Lago de Texcoco, las que han sido ya estudiadas por el Instituto de Geología en cooperación con varias Dependencias del Ejecutivo en estudios (6) muy detenidos encaminados a determinar su aprovechamiento. Entre las sales existentes en dichas aguas se encuentran el nitrato de potasio y el fosfato de sodio en diversas proporciones; el primero puede ser explotable, pues según el aludido estudio, cada 100 toneladas de sales extraídas pueden producir 48 toneladas de cloruro de potasio.

Del segundo tipo de yacimiento citaré los nitratos de potasio que se encuentran en México y que por su escasez no pueden ser precisamente motivo de una explotación industrial.

Los nitratos en el país se presentan en regiones de clima desértico o semi-desértico, que pertenecen en

(6) Importancia de las sales del Lago de Texcoco por H. Larios, Secretaría de la Economía Nacional, oct. 22 de 1936.

su mayoría a aquellos Estados de la República cuyo territorio forma parte de la altiplanicie mexicana conocida con el nombre de Mesa Central, o en algunas planicies de clima también desértico de los Estados de Sonora y Tamaulipas.

En estas regiones las lluvias son muy abundantes en ciertas épocas del año, estando separadas dichas épocas por prolongados períodos de sequía durante los cuales se verifican la evaporación y concentración de las aguas de lluvias que contienen disueltas sales, tales como carbonatos sódicos o alcalinos, sulfatos o cloruros de sodio o magnesio y en mucho menor proporción nitratos de potasio o sodio.

Estas sales, que provienen en parte de la alteración química de los feldspatos de algunas de las rocas ígneas más abundantes en el país, y en parte de la materia orgánica en la que pudo haber habido alguna acción nitrificante, debido a las bacterias, quedan depositadas en la superficie del suelo, bajo la forma de costras o eflorescencias, al realizarse la completa evaporación de dichas aguas.

Puede decirse que los yacimientos de nitratos y especialmente de salitre, o sea de nitrato de potasio, son escasos en el país y no han sido por lo tanto motivo de una explotación formal, siendo de notar que las capas del suelo o subsuelo que contienen nitratos explotables apenas tienen un espesor que raras veces excede de tres a cinco centímetros. Los nitratos aparecen en estos depósitos ya sea, como se ha dicho, en forma de costras o eflorescencias o ya sea saturando simplemente las tierras que se conocen con el nombre de "salitrosas".

Los yacimientos reconocidos hasta la fecha de los que tienen algunos datos concretos, son los siguientes:

Los del ex-Distrito de Viezca en el Estado de Coahuila, de los cuales se han analizado en el Laboratorio del Instituto Geológico, muestras de tierras salitrosas que han dado un contenido de 1.86% de KNO_3 .

En el Estado de Colima, en la mina de Los Amiales, cerca de Coquimatlán, existen depósitos con un contenido de nitrato de potasio que varía entre 8 y 10%. De estas tierras se extrae por lexivación y concentración, un salitre que resulta de un 98% a 98.5%. La fábrica del señor David Dueñas, en Colima, produce salitre con un contenido de 98.02% de KNO_3 . En este mismo Estado hay cuevas en las que habitan murciélagos en gran número, cuyas deyecciones originan guano, que contiene nitratos. Entre las cuevas más notables se mencionan las de "La Fábrica" y las de las haciendas de "Los Ortices" y "Las Trancas", perteneciente esta última al Municipio de Ixtlahuacán.

Por exploraciones hechas en el Estado de Durango, se han podido descubrir en diversos lugares de ese Estado donde hay tierras que después del período de lluvias se cubren de eflorescencias blancas cuya composición corresponde a carbonatos de sodio con notables cantidades de nitratos de potasio y de sodio. Localmente se conocen estos lugares con el nombre de "salitreras" y por cristalización de sus sales se obtiene un producto que se aprovecha en la industria pirotécnica y que se vende en Durango al precio de \$ 2.00 kilo.

Al N. de la sierra de Guanajuato, en el Estado del mismo nombre, en los valles de "San Felipe" y "San Judas", de clima desértico, se encuentran tierras muy salitrosas que se presentan en ciertos lugares impregnadas de KNO_3 por lo que los habitantes de aquellos lugares las explotan para la extracción del salitre que utilizan en la fabricación de pólvora.

En la Municipalidad de Matehuala, del Estado de San Luis Potosí, ocurren frecuentemente depósitos de salitre en forma de manchas enteramente superficiales, cuya extensión es muy variable; pero la mayor parte mide 5 a 6 metros y las más grandes no exceden de 15 metros de largo. Estas manchas no están distribuidas uniformemente sino separadas, a veces por largas distancias, pues hay que caminar de 6 a 8 kilómetros o más para encontrar otros depósitos, siendo fácil descubrirlos en las primeras horas de la mañana, cuando la eflorescencia es más perceptible.

En el Estado de Sonora se presentan eflorescencias salinas en las márgenes del río de este nombre, en los valles de Ures y Hermosillo y en las riberas del arroyo de "La Junta", que drena el valle de San Francisco, arroyo que en una porción de su curso es conocido con el nombre de arroyo "Valenciano". Estas eflorescencias salinas contienen nitrato de sodio o de potasio, este último variable entre 0.13% y 6.39% en los siguientes lugares: Puerta del Sol, Paso de Santa Rosa, alrededores del molino de San Rafael, valle de Ures e inmediaciones de la ciudad de Hermosillo.

En el Estado de Hidalgo existen depósitos salitrosos en los límites de Atotonilco el Grande y Actopan, como a 21 kilómetros del Mineral de El Chico. En la hacienda de San Tiburcio y pueblo del mismo nombre, pertenecientes al ex-Partido de Mazapil del Estado de Zacatecas, hay también yacimientos de nitratos que son de baja ley (de 2 a 2.4% de KNO_3) pero que, se dice, son bastante abundantes.

EXPLORACION

La exploración en busca de sales de potasa se ha hecho, bien por medios directos o bien por medios in-

directos tales como son los que se derivan de la aplicación de los métodos geofísicos de prospección.

En Alemania y Alsacia las perforaciones fueron ejecutadas primero como simples pozos y después como pozos profundos, usando equipos de percusión o rotatorio, siendo este último con el que se obtuvieron resultados más eficaces, para el objeto.

En los Estados de Texas y Nuevo México de la Unión Americana, el descubrimiento de sales de potasa en los horizontes salinos de la gran cuenca pérmica que existe en dichos Estados fueron hechas para buscar petróleo. Posteriormente el Gobierno de la Unión emprendió por su cuenta las perforaciones de pozos abiertos exclusivamente para la búsqueda de sal. Estas perforaciones que comenzaron a realizarse primero en Nuevo México y después en Texas, habían alcanzado en junio de 1929 el número de doce de las cuales tres fueron ejecutadas en la porción SE. de Nuevo México y las nueve restantes en la parte central de Texas. Las del Estado primeramente citado se localizaron en el Condado de Eddy y las de Texas en los Condados de Ector, Crockett, Upton, Glasscock y Crane, habiendo llegado a profundidades tales, comprendidas entre 335 mts. y 840 mts. y efectuado varios cortes de formaciones salinas.

En España han sido emprendidas por J. G. Siñeriz (7) en diversas épocas, numerosas exploraciones en varias cuencas potásicas, aplicando los métodos sísmicos de prospección, los cuales permitieron obtener datos de potencia y profundidad de los diferentes yaci-

(7) "La Interpretación Geológica de las Mediciones aplicadas a la Prospección". Véase Memoria del Inst. Geol. y Mine-ro de España-Madrid, 1933.

mientos salinos encontrados y por consiguiente, de sus condiciones de explotabilidad.

Las diferentes regiones exploradas por estos métodos fueron las siguientes: Cuenca potásica catalana entre las localidades de Suria, Callus y Manresa; la zona comprendida entre Manresa y Sallent perteneciente al Estado; la zona de anticlinales oligocenos que atraviesan Lérida, Aragón y Huesca (Bellmunt); la Cuenca de Navarra (anticlinal de Tafalla) y la concesión de Elorz en esa misma Cuenca.

En México, en donde se han aplicado los métodos sísmicos y los gravimétricos hasta ahora solamente para la exploración del petróleo, podrían aplicarse tal vez con éxito para la exploración de cuencas potásicas.

EXPLOTACION

Todos aquellos métodos de explotación que se aplican a criaderos minerales que se presentan en mantos o capas de poca inclinación, se han usado para la explotación de yacimientos salinos de esta naturaleza, pudiendo decirse que los detalles o modificaciones de su aplicación, han dependido en cada caso particular del espesor del criadero, su grado de inclinación, etc. El método de laboríos abiertos sosteniendo el alto por pilares, es uno de los más usados.

En Alemania se han abierto verdaderos tiros ("zechen") para alcanzar los depósitos. Estos tiros, de una sección circular variable entre 4 a 6 metros, han sido casi siempre verticales, habiendo tenido que revestirse de concreto en algunos casos, cuando las rocas encajonantes son deleznable y muy secas o de tubería de fierro cuando se encuentran capas acuíferas.

En Texas y Nuevo México, se han seguido métodos de explotación semejantes, basados muchos de ellos

en la experiencia adquirida por la aplicación de los métodos europeos.

La "United States Potash Co.," (8) en su mina Carlsbad, situada en el territorio de este último Estado, perforó dos tiros de una profundidad cada uno de algo más de 300 mts. (1,000 pies). El método de explotación seguido en esta mina es el conocido allí con el nombre de "double-entry room and pillar system". El yacimiento de sal consiste en un cuerpo homogéneo grueso y plano de sylvita y halita, variando su espesor entre 60 cms. (2 pies) y 4.27 mts. (14 pies) siendo muy regular su contenido en sales de potasa. La referida mina comenzó sus trabajos hace cinco años y durante este período de tiempo se extrajeron cerca de un millón de toneladas de sales de potasio.

El tumba de la sal, se ha venido haciendo por perforación mecánica y el transporte interior por carros de tres toneladas de capacidad. La ventilación no es un problema en la explotación, pues entre los gases que se desprenden en algunos casos, domina el nitrógeno que no es peligroso, bastando siempre la ventilación, que se efectúa de una manera natural para llevar los trabajos convenientemente.

La fuerza motriz que se emplea en Texas y Nuevo México se consigue allí fácilmente, lo mismo que la generación de fuerza eléctrica, debido a la cercanía de los centros productores de petróleo y se obtiene a bajo precio.

(8) "Drilling and Blasting Practice of the U. S. Potash Company at Carlsbad, New Mexico", by C. A. Pierce, Véase Vol. 126. de las "Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers," New York, N. Y., 1937.

PROCEDIMIENTOS DE BENEFICIO

El tratamiento de beneficio que se aplica a las sales potásicas es el de Sorch y Clark, que consiste en someterlas primero a un proceso de molienda fina, seguido de uno de calcinación, para ser pasadas después en soluciones acuosas calientes a una serie de evaporadores, cristalizadores y filtros separando así el sulfato potásico contenido en la polyhalita original, ya sea solo o mezclado con el sulfato magnésico y obteniéndose también la separación del sulfato cálcico.

DATOS ESTADISTICOS

Los cuadros estadísticos anexos ponen de manifiesto algunas cifras relativas a la producción, precios y consumo de sales potásicas en los Estados Unidos del Norte y en otras naciones del mundo.

CONCLUSIONES

Por lo anteriormente expuesto puede llegarse a las conclusiones siguientes:

1a. - De las especies minerales que contienen potasa, son las sales sólidas solubles las más importantes para ser motivo de una explotación industrial.

2a. - Estas sales se presentan, tanto en Europa como en Norteamérica, en terrenos de edad pérmica.

3a. - En los Estados Unidos del Norte existen formaciones de esta edad en Texas, Nuevo México, Oklahoma y Kansas, conteniendo la de los primeros Estados referidos (Texas y Nuevo México) sales potásicas en proporción suficiente para hacer costeable su explotación.

4a. - En la República Mexicana, afloran formaciones de la misma edad en los Estados de Coahuila y

Tamaulipas, siendo muy probable que estos afloramientos correspondan a la continuación a profundidad, de las formaciones pérmicas norteamericanas.

5a. - Está justificado, por lo tanto, emprender exploraciones, tanto en la superficie como a la profundidad, para comprobar el aserto anterior y en caso de su existencia poder descubrir la presencia de sales potásicas en las expresadas formaciones.

6a. - Esta exploración puede hacerse simultáneamente con la búsqueda de yacimientos petrolíferos, al efectuar perforaciones de pozos petroleros, como se ha hecho en los Estados Unidos del Norte, y a las cuales perforaciones se debió el descubrimiento en aquella nación, de horizontes salinos conteniendo sales potásicas, pudiendo hacerse estas exploraciones directamente por métodos geológicos o indirectamente, por métodos geofísicos.

7a. - Existen también en la República otras fuentes de sales potásicas, tales como las contenidas en las aguas salinas de los lagos (Lago de Texcoco, principalmente) y en las eflorescencias salinas de nitratos alcalinos o en los depósitos de alunita, cuyas localidades han quedado ya señaladas.

8a. - La explotación de los depósitos de sales potásicas se hace aplicando métodos semejantes a los que se usan en la explotación de criaderos sedimentarios que se presentan como mantos o capas de poca inclinación y no ofrecen dificultad alguna, así como también es fácil el tratamiento de estas sales para su separación y beneficio.

BIBLIOGRAFIA

Bose Emilio. "On the Permian of Coahuila, Northern Mexico" The American Journal of Science, Vol. I, 5a. Serie, New Haven, Connecticut, 1921.

Butler B. S. y Gale H. S. "Alunite, A newly discovered deposit near Marysvale", Utah. Bull. 511 of the U. S. Geological Survey, Washington, 1912.

Flores Teodoro. "Yacimientos Minerales de la República Mexicana". Folleto de Divulgación del Instituto Geológico de México, No. 38, Méx., D. F.

Hance H. James. "Potash in Western Saline Deposits" Bull. 540 de la U. S. Geological, Washington, 1914.

Hoots H. W. "Geology of a part of Western Texas and Southeastern New Mexico". Bull. 780 B. de la U. S. Geological Survey, Washington, 1925.

Huges H. H. "Minerals Year Book 1937" Bureau of Mines Washington, 1937.

Johnson L. Bertrad. "Potash". Bureau of Mines, Economic Paper No. 16. Washington, 1933.

Larios Hermión. "Importancia de las sales de Texcoco". Secretaría de la Economía Nacional, 1936.

Larios Hermión. "Informe sobre la alunite del cerro del Roble de Delgado, Pueblo de Neutla, Comonfort, Gto."

Larsen S. Esper. "Alunite in the San Cristobal quadrangle", Colorado, Bull. 530 de la United States Geological Survey. Washington, 1913.

Mansfield G. R. y Leona Boardman. "Nitrate Deposits of the United States", Bull. No. 838 de la U. S. Geological, Washington, 1932.

Miur John H. "Geology of the Tampico Region, México" (Published by the American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, 1936).

Pierce C. A. "Drilling and Blasting Practice of the United States Potash Company Co. at Carlsband. Véase Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, New York, N. Y., 1937.

Rice S. George y Davis John A. "Potash Mining in Germany and France" Bureau of Mines, Bull. No. 274, Washington, 1927.

Schrader C. Frank. "Alunite in granite porphyry near Patagonia Arizona" Bull. No. 540 de la U. S. Geological Survey, Washington, 1914.

Ing. Teodoro FLORES.

Director del Instituto de Geología de México.

CUADRO NUM. 1

SALES DE POTASA

(Producción en los Estados Unidos 1932-1940)

Años	Producción					Ventas					En almacén				
	Número de operadores	Sales de potasa (short tons)	Equivalente como K ₂ O (short tons)	Número de operadores	Sales de potasa (short tons)	Equivalente como K ₂ O (short tons)	Valor puesto en la planta	Número de operadores	Sales de potasa (short tons)	Equivalente como K ₂ O (short tons)	Número de operadores	Sales de potasa (short tons)	Equivalente como K ₂ O (short tons)		
1932	5	143,120	61,990	5	121,390	55,620	2,102,590	3	41,000	28,000					
1933	4	333,110	143,378	4	325,481	139,067	5,296,793	4	46,943	20,891					
1934	8	275,732	144,732	8	224,875	114,122	2,813,218	4	95,844	50,066					
1935	10	357,974	192,793	10	406,922	224,721	4,993,481	6	47,710	18,060					
1936	7	431,470	247,340	7	396,690	222,810	6,969,190	5	73,139	34,000					
1937	7	486,090	284,497	7	466,933	266,938	9,019,534	5	105,900	55,620					
1938	9	534,945	316,951	9	498,189	286,437	9,748,290	6	158,540	87,440					
1939	6	546,757	312,201	6	634,014	366,287	12,028,195	5	54,233	29,440					
1940	7	658,249	379,679	7	677,892	393,058	12,562,050	7	35,060	16,370					

CUADRO NUM. 1.
Producción Mundial 1935—1940

Nación	1935		1936		1937	
	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total
España.	121,372	5.3	75,000	3.1	258,090	
Estados Unidos	174,897	7.7	224,386	9.4		8.3
Francia.	347,300	15.2	365,200	15.2	489,801	15.8
Alemania.	1,396,000	61.2	1,435,000	59.7	1,968,416	63.4
Italia			420			0.0
Polonia.	71,539	3.1	85,000	3.6	99,940	3.2
Rusia.	150,000	6.6	200,000	8.3	266,000	0.6
China					(3)	
India Británica.					4,300	
Palestina.	10,851	.5	12,500	.5	18,234	0.1
Otros países.	10,000	.4	5,000	.2	18,234	8.6
	2,281,959	100.0	2,402,086	100.0	3,105,201	100.0
1938						
Nación	1938		1939		1940	
	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total	Toneladas métricas K ₂ O	Por ciento del total
Estados Unidos	287,532	10.1	283,223		344,437	
Francia.	581,790	20.3	(3)		(3)	
Alemania.	1,861,000	64.7	(3)		(3)	
Italia.	333	0.0	(3)		(3)	
Polonia.	108,532	3.8	(3)		(3)	
Rusia	(3)		(3)		(3)	
China.	(3)		(3)		(3)	
India Británica.	4,000	0.1	(3)		(3)	
Palestina.	29,059	1.0	(3)		(3)	
Otros países.	(3)		(3)		(3)	
	2,872,066	100.0	283,223		344,437	

(3) Datos no aprovechables.

NOTA:—Datos tomados del "Minerals Year Book", United States, Dept. of the Bureau of Mines, Washington, 1937, 1938, 1939, 1940.

CUADRO NUM. 2.
Precios (Short tons)

	Murato de potasio 50% K ₂ O o granel (doméstico)		Murato de potasio 50% K ₂ O o granel (importado)		Sulfato de potasio 90%, En sacos		Sulfato de potasio y Magnesio 47% de K ₂ O. En sacos.		Sales para abonos (30% de K ₂ O).		Kainita o granel	
	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.	Dols.
1926.....	29.20		29.81	41.01	23.58	16.12	10.48					
1927.....	31.33		32.28	44.34	25.55	17.58	11.63					
1928.....	32.02		33.43	45.92	26.46	18.20	12.04					
1929.....	31.61		33.62	46.77	26.59	18.31	12.09					
1930.....	32.28		34.05	46.72	26.92	18.54	12.25					
1931.....	32.33		34.05	46.72	26.92	18.54	12.25					
1932.....	31.86		34.02	46.21	26.90	18.53	11.83					
1933.....	31.49		33.11	44.71	26.17	18.03	11.30					
1934.....	23.22		24.20	37.85	23.34	14.50	9.41					
1935.....	20.77		20.77	32.84	21.47	13.36	9.81					
1936.....	23.18		25.30	33.99	22.94	15.15	11.19					
1937.....	25.30		23.18	36.18	24.58	16.63	12.08					
1938.....	26.15		26.15	37.15	25.17	17.15	12.46					
1939.....	26.00		26.00	35.94	24.46	17.06	12.01					
1940.....	25.81		25.81	34.98		17.18	12.03					

CUADRO NUM. 3

Consumo de Sales Potásicas en los Estados Unidos en 1936
(Short tons)

	A granel	K ₂ O Equivalente
Para usos agrícolas:		
Ventas domésticas	370.539	206.396
Importaciones	452.194	195.645
Total:	822.733	402.041
Para usos químicos:		
Ventas domésticas	26.151	16.414
Importaciones:		
Muriato	1.450	871
Sulfato	1.754	888
Sales químicas	38.313	14.362
Total:	67.668	32.535
Consumo total	890.401	434.576
Exportación total	63.890	38.110
Consumo doméstico	826.511	396.466

CUADRO NUM. 3

Ventas de Potasa Primaria para Consumo y Exportación en 1937
(Short tons)

	A granel	K 20 Equivalente
Entregado por Compañías miembros y reportado por el "American Potash Institute":		
En los Estados Unidos:		
Para usos agrícolas	911.624	460.629
Para usos químicos	32.358	20.108
Para exportaciones	53.617	32.871
Importaciones no incluidas arriba, más ventas de productores que no son miembros de la A. P. I.	997.599	513.608
	117.379	25.371
	1,114.978	538.979
TOTAL de exportaciones	105.125	62.000
Consumo actual en los Estados Unidos	1,009.853	476.979
Consumo aparente (ventas de productores más importaciones menos exportaciones)	1,169.987	556.055
Adición aparente a existencias importadas	160.134	79.076

CUADRO NUM. 3

Ventas de Potasa Primaria para Consumo y Exportación en 1938.
(Short tons)

	A granel	K 20 Equivalente
Entregado por Compañías miembros y reportado por el "American Potash Institute"		
En los Estados Unidos:		
Pará usos agrícolas	821.406	423.977
Pará usos químicos	25.591	15.584
Pará exportaciones	68.116	40.843
Importaciones no incluidas arriba, más ventas de productores que no son miembros de la A. P. I.	915.113	480.404
Total de exportaciones	129.872	38.938
Ventas actuales para consumo en los Estados Unidos	1,044.985	519.342
Consumo aparente	86.753	51.800
Retiro aparente de existencias importadas	958.232	467.542
	861.823	428.246
	96.406	39.296

CUADRO NUM. 3.

Ventas de Potasa Primaria para Consumo y Exportación, 1939 y 1940
(Short tons de K₂O)

	1939	1940
Entregas de Potasa Primaria de origen doméstico y extranjero reportadas por el American Potash Institute.		
En los Estados Unidos y Posesiones:		
Para usos agrícolas	340.765	417.943
Para usos químicos	24.284	37.815
Para exportaciones	77.675	24.046
Importaciones no incluidas arriba, más ventas de productores que no son miembros de la A. P. I.	442.724	479.804
	28.500	21.737
	471.224	501.541
Total de exportaciones	83.800	55.836
Actuales ventas para consumo en los Estados Unidos	387.424	445.705

Date	Description	Debit	Credit
1870	...		
1871	...		
1872	...		
1873	...		
1874	...		
1875	...		
1876	...		
1877	...		
1878	...		
1879	...		
1880	...		
1881	...		
1882	...		
1883	...		
1884	...		
1885	...		
1886	...		
1887	...		
1888	...		
1889	...		
1890	...		
1891	...		
1892	...		
1893	...		
1894	...		
1895	...		
1896	...		
1897	...		
1898	...		
1899	...		
1900	...		

...

