

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SUMARIO

	Pág.
Datos sobre la industria del Bórax en Chile	373
La industria chilena del salitre decide trabajar sola	374
Monografía sobre el Mineral de Fierro de "El Algarrobo", ubicado en el Departamento de Vallenar y de propiedad de la Sociedad Minera Chilena-Alemana-Holandesa, por Oscar Peña i Lillo, Ingeniero I.º de la Superintendencia de Salitre y Minas	377
La industria de la Potasa	386
Normas para el avalúo de las propiedades industriales, mineras, etc., fijadas por la Dirección General de Impuestos Internos	387
Tipos y funciones de Sustancias que ayudan la filtración(Filter Aids), en los procedimientos de lixiviación, por A. W. Allen, editor del "Engineering and Mining Journal"	389
Sección Salitrera. —La Geología de los yacimientos de Salitre de Chile y las teorías que tratan de explicar su origen, por el Dr. J. Brüggén, Profesor de Geología de la Universidad de Chile.	394
Sección Carbonera. —Los Combustibles Líquidos, Clasificación y generalidades sobre su construcción y formación, por Enrique Hauser, Profesor de la Escuela de Minas de Madrid	407
Cotizaciones.	418
Estadística de Metales	422
Mercado de Minerales y Metales	425
Producción Minera	427

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SANTIAGO DE CHILE

Director: Oscar Peña i Lillo

DATOS SOBRE LA INDUSTRIA DEL BORAX
EN CHILE

Desde hace muchos años Chile ocupa un lugar preponderante entre los países de mayor producción de compuestos del bórax.

Posee en la parte norte de su territorio numerosos salares o yacimientos de borato de cal, entre los cuales se pueden mencionar las borateras de Chilcaya, Ascotán, Pedernales y Maricunga.

De todos estos depósitos sólo las borateras de Ascotán, situadas a 394 kilómetros al interior del puerto de Antofagasta, mantienen un activo trabajo de explotación; sin embargo, y a pesar de esta circunstancia, la cifra de producción con que este país contribuye anualmente al consumo mundial alcanza a más o menos 35,000 toneladas de borato de cal.

Según las estadísticas, la producción de borato de Chile durante los últimos cinco años, es como sigue:

Año	Producción tons.	Valor \$ 6d.
1922.....	33,289	22.627,863
1923.....	34,673	20.803,800
1924.....	32,427	23.347,440
1925.....	39,662	23.797,200
1926.....	34,668	20.779,760

En la actualidad, la explotación de las borateras chilenas la efectúa una poderosa firma, que tanto en este país como en otros, mantiene no sólo el monopolio de esta industria sino que ejerce un verdadero control en el mercado mundial del bórax.

Efectivamente, la Compañía "Bórax Consolidated Ltd.", constituida en Londres en el año 1897, adquirió ese mismo año por intermedio del Banco Alemán Transatlántico, los derechos sobre las borateras de la Sociedad Chilena "Empresa de Ascotán" y desde esa fecha mantiene sin interrupción la explotación de esos depósitos.

En el yacimiento de Ascotán la explotación del borato de cal se efectúa extrayéndolo de mantos o capas que se encuentran superficialmente a cierta profundidad en la pampa. Por lo general, el borato de cal se presenta mezclado con una serie de impurezas entre las cuales las más comunes son silicatos, sales, sulfatos de cal, etc.

El sulfato de cal constituye una de las impurezas más perjudiciales al borato, es por eso que contenidos de más de 5% de sulfato de cal, lo hacen inaceptable en el mercado.

Por esta razón, es necesario someterlo a cuidadosos escogidos para llegar al producto que reuna las condiciones de pureza exigida, siendo muchas veces indispensable por razones económicas hacer mezclas convenientes de boratos de muy buena calidad con boratos más malos a fin de obtener un producto medio que pueda ser comercial.

Como el borato de cal en bruto tal como se extrae de la pampa, contiene un alto porcentaje de agua que suele fluctuar entre 50 y 60%, se ha cenecario extenderlo en canchas, en forma de delgadas capas que se remueven continuamente mediante arados

accionados por tractores, a fin de facilitar la evaporación de parte del agua bajo la acción del sol y del aire.

Después de este secamiento previo se le somete a una calcinación en hornos rotatorios para convertirlo en borato de cal calcinado. En esta forma se le envasa en sacos de 78 kilos y se transporta a los puertos de

Antofagasta y Mejillones para embarcarlo con destino a los países europeos.

En Europa las refineries compran como materia prima el borato de cal de Chile y después de someterlo a procedimientos largos y complicados de purificación, lo convierten en bórax y ácido bórico.



LA INDUSTRIA CHILENA DEL SALITRE DECIDE TRABAJAR SOLA

La importante Revista "Engineering and Mining Journal, en su número del 5 de Mayo próximo pasado y bajo el título de "Chilean Nitrate Industry Decides to Paddle its own Canoe", comenta editorialmente la situación actual de la industria salitrera chilena y se refiere también a la invitación que los representantes de las principales firmas de productos sintéticos hicieron a Chile a participar de la Conferencia a bordo del "Lutzow".

Los fabricantes de nitrógeno sintético del mundo proyectaron una conferencia de lujo que fuese única en su aislamiento y alrededores. El proyecto llegó a materializarse, y en la primera semana de Mayo p. pdo., el transatlántico alemán "Lutzow" del North Lloyd zarpó de Venecia en un viaje de placer por el Adriático, llevando a bordo representantes de las principales firmas de productos sintéticos de Europa y América. Se dice que durante el viaje se leerán y discutirán monografías, pero los rumores que corren aseguran que el propósito de la excursión era obligar al mundo a tomar muy en cuenta los productos sintéticos y a adquirirlos cómo y cuándo lo acordaran los promotores, fuera de que además se trataría de llegar a un arreglo amigable acerca de precios.

Debido a una propaganda en gran escala, el mundo fué obligado a creer que la industria chilena del salitre estaba desorganizada y condenada a una muerte próxima. Sólo hace unos pocos años esta propaganda tomó la forma de reiterados anuncios que la terminación de los yacimientos de salitre estaba a la vista. Los profetas han quedado confundidos. Después del fracaso causado por métodos ilógicos de venta y un sistema absurdo de control de precios, un movimiento de reforma ha efectuado una transforma-

ción económica. La demanda ha aumentado de tal manera que el presente año salitrero, que terminó el 30 de Junio próximo pasado, acusará ventas de alrededor de 3.000.000 de toneladas, cifra excedida únicamente en 1916, 1917 y 1918, cuando se necesitaba tanto salitre para ganar la guerra. Europa toma 47% más este año que el anterior; y los Estados Unidos 55% más. Los precios han estado volviendo de una manera segura y continua a su nivel normal después de la baja que naturalmente siguió al anuncio de ventas libres en Abril de 1927; y, con los precios actuales, la prosperidad general está asegurada. Hay como 65 oficinas en trabajo, cuya casi totalidad utilizan un procedimiento introducido en 1876, en el que se emplea un gran exceso de mano de obra y que es enormemente ineficiente en sus resultados técnicos. A pesar de todo, la industria está otra vez en pie, lo que demuestra que queda tanto caliche rico, que es muy poco probable el esperar un mejoramiento técnico general en un futuro próximo.

El derecho de exportación de 10 dólares, más o menos por tonelada, todavía representa para el Gobierno de Chile (1), su entrada principal, lo que indica que este derecho

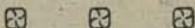
(1) (N. de la R). Esto ya no es exacto con respecto a los presupuestos generales de 1927 y 1928.

representa un triunfo que el Gobierno chileno se reserva para emplearlo en el caso de una competencia seria. La actitud del Gobierno es en todo razonable. Existe un amplio campo para reducir precios siendo más parcós en el empleo de capitales, en la construcción de nuevas plantas y por medio de métodos más económicos y eficientes de explotación y beneficio.

Los intereses que manejan la industria sintética se dieron cuenta demasiado tarde que la industria salitrea "podía volver al ring", que el producto era de una calidad superior, que existía una demanda activa, y que el abono natural no tenía razón para temer la competencia de sus rivales. Una invitación tardía a Chile para participar en el paseo del Lutzow, siguiendo el propósito de Alemania de anotar a Chile como socio en lugar de tenerlo como competidor en los mercados mundiales de nitrógeno, tuvo por resultado una negativa cortés. Chile observa una actitud de espera. El nombramiento de un distinguido químico alemán como director del Laboratorio de investigaciones de la Asociación de Productores de Salitre hecho hace unos pocos años y la ausencia de progreso técnico en la mayoría de las oficinas

salitreras quizás puedan ser circunstancias relacionadas. Parquedad en la inversión de nuevos capitales, economía en los gastos de operación y eficiencia en el beneficio no son inmediatamente necesarios, no obstante la insistencia con que se pide cada una de estas reformas. Los productos sintéticos, sin embargo, son manufacturados mediante el empleo de una combinación de trabajos científicos de investigación, tecnología aplicada e ingeniería de primer orden que no ha sido igualada todavía en la historia del desarrollo de las industrias; el progreso alcanzado sacando ventajas de todos los posibles perfeccionamientos indican que existen muy pocas oportunidades de grandes mejoras técnicas y de reducciones apreciables en los costos en la industria sintética.

La industria chilena del salitre, aunque atrasada en su técnica, embarazada por un fuerte derecho de exportación y duras leyes sociales más que se mantienen en la lucha, posee tantos triunfos en reserva que llegar a un arreglo con sus competidores a esta altura, simplemente significaría una reducción en sus entradas y el abandono de oportunidades.



MONOGRAFIA

Sobre el mineral de fierro de "El Algarrobo" ubicado en el departamento de Vallenar y de propiedad de la Sociedad Minera Chilena Alemana Holandesa

Santiago, 16 de Febrero de 1928.

Señor Superintendente:

De acuerdo con lo ordenado por Ud. en nota N.° 130 de fecha 7 de Octubre del año próximo pasado, tengo el agrado de elevar a la consideración de Ud. el estudio sobre el Mineral de Fierro de El Algarrobo, situado en el Departamento de Vallenar y que se compone de las siguientes partes:

- 1) Situación;
- 2) Historia;
- 3) Geología;
- 4) Reconocimientos y cubicaciones de minerales;
- 5) Futuro desarrollo del Mineral; y
- 6) Consideraciones económicas y conclusiones (1).

Debo manifestar a Ud. que habiendo estado en discusión legal por espacio de trece años el dominio de estas minas, hubo de interrumpirse durante este tiempo el desarrollo del plan de trabajos de reconocimientos que sus propietarios se habían fijado, razón por la cual los trabajos existentes sólo ponen de manifiesto un tonelaje de minerales que estimo reducido en comparación con la magnitud e importancia del yacimiento.

Es esta la razón por qué el presente informe no ha podido ser más concluyente, ya que se desconocen los factores que van a decidir la forma y magnitud de su explotación. Su distancia a la costa seguramente no permitirá sino la exportación de aquellos minerales de elevada ley, que no son precisamente los más abundantes hasta este momento, pero mayores reconocimientos podrán cambiar radicalmente la faz del negocio.

Sin embargo, como lo establezco en las conclusiones de mi Informe, el aprovechamiento de los minerales de más baja ley, podría ligarse a una fórmula que significara la liberación de derecho a un tonelaje determinado de minerales cuya exportación fuera posible, en relación con un tonelaje de minerales de ley inferior a 50% beneficiados en el país.

Saluda atentamente a Ud.

OSCAR PEÑA I LILLO.

Ingeniero de la Superintendencia de Salitre y Minas.

Al señor Edmundo Delcourt, Superintendente de Salitre y Minas, Presente.

(1) Los capítulos 5) y 6) no se publican por ser informaciones de carácter privado.

MONOGRAFIA

Sobre el mineral de fierro de "El Algarrobo" ubicado en el departamento de Vallenar y de propiedad de la Sociedad Minera Chilena Alemana Holandesa

POR

OSCAR PEÑA I LILLO

Ingeniero 1.º de la Superintendencia de Salitre y Minas.

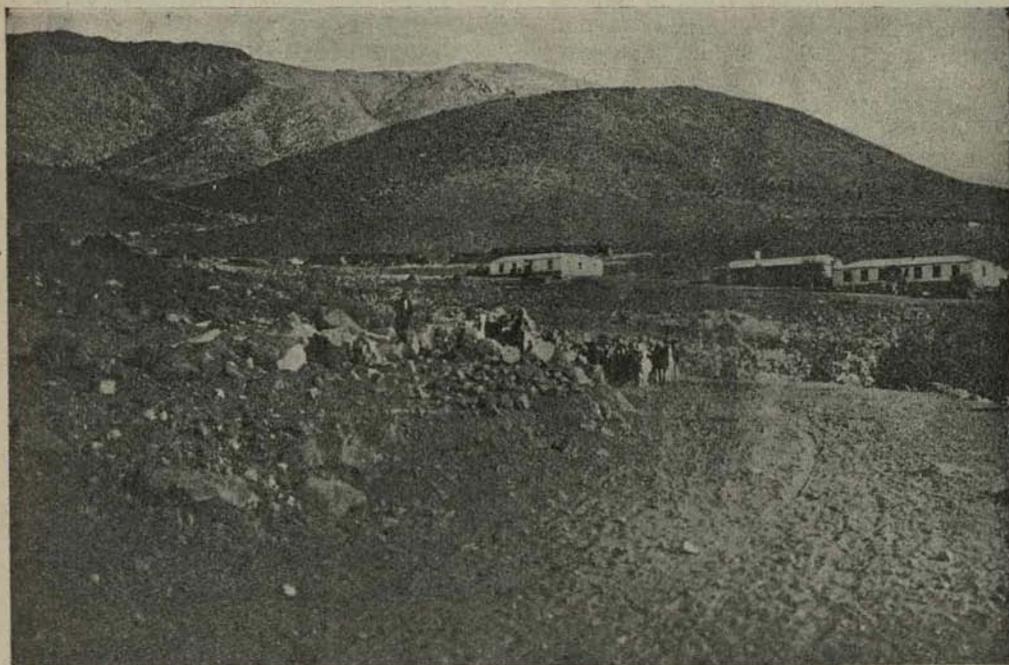
I. SITUACION

El yacimiento de minerales de hierro de Algarrobo, se encuentra ubicado en el Departamento de Vallenar, Provincia de Atacama, a 45 Km. al Sur de la ciudad de Vallenar y a una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar.

Este importante grupo minero está cons-

tituido por 276 pertenencias que en total cubren una superficie de 1,331 hectáreas.

El yacimiento superficialmente considerado lo forma un potente afloramiento que se extiende de Norte a Sur, a lo largo de las cumbres de los cerros Penoso y Algarrobo, que a su vez forman el cordón de cerros que se ex-



Mineral de Fierro de Algarrobo.—Parte de las actuales construcciones de la Sociedad Minera Chilena-Alemana-Holandesa.

tienden por el Poniente de la quebrada de Algarrobo, la que se une a la quebrada de Puguinos, frente al actual campamento de la mina.

El afloramiento principal abarca una longitud mínima de Norte a Sur de cuatro kilómetros, y tanto en sus extremos al Norte

de la quebrada de la Retamilla como al Sur de la quebrada de Ñisñiles, existen otros afloramientos de minerales de hierro de menor importancia, como por ejemplo, el conocido con el nombre de Los Morritos Negros, separado del cerro Algarrobo por la quebrada de Ñisñiles.

II. HISTORIA

Las primitivas minas de Algarrobo fueron manifestadas en el año de 1904 por los ingenieros señores Armand y Carbonel, que habían venido a Chile a estudiar los negocios mineros de fierro por cuenta de la Sociedad Hauts Fourneaux Forges et Aciéries du Chili.

Esta Sociedad, después de efectuar detenidos estudios de los yacimientos de fierro más importantes del país, decidió adquirir el yacimiento de «El Tofu», ubicado en la provincia de Coquimbo, abandonando los pedimentos que habían hecho en el mineral de «Algarrobo». En estas circunstancias, los señores Armand y Carbonel solicitaron para sí nuevas pertenencias y adquirieron de terceros la casi totalidad de las pertenencias vecinas, constituyendo, en esta forma, un importante grupo que, en el año 1913, enajenaron por la suma de 5.600.000 francos oro, que las poderosas firmas Wm. H. Müller & Co., de La Haya (Holanda), y la Sociedad Metalúrgica Alemana Gutehoffnungshütte de Oberhausen, pagaron al contado.

La Sociedad Hauts Fourneaux Forges et Aciéries du Chili, durante trece años, discutió el dominio de las minas de Algarrobo a los señores Armand y Carbonel, fallándose este largo juicio, en Septiembre de 1927, a favor de las firmas compradoras del yacimiento, las que, oportunamente, se habían hecho parte en él.

La firma Wm. H. Müller & Co. es una importante casa de comercio de Holanda, cuyas actividades se extienden a diversos ramos,

tales como: armadores navales, corredores marítimos, comerciantes en cereales, y, tal vez, la firma más fuerte que negocia en minerales de fierro en el mundo, ocupándose también del comercio de minerales de menor importancia, como por ejemplo, de manganeso, wolfram, tungsteno, piritas, fosfatos y nitratos.

El capital de la firma Wm. H. Müller & Co., fuera de las reservas, es superior a treinta millones de florines holandeses. Para el control de sus intereses que conserva en empresas mineras de más de veinte países en el mundo, posee cerca de cincuenta Agencias o Compañías filiales, manteniendo sus oficinas centrales y domicilio social en la ciudad de La Haya, en Holanda.

La firma Wm. H. Müller, para el mejor desarrollo de sus negocios en Chile, se asoció con una de las principales casas de la cuenca del Rhin, con la Sociedad Minera y Metalúrgica Alemana Gutehoffnungshütte, y en Febrero de 1912 ambas sociedades decidieron enviar a Chile una Comisión técnica compuesta por los señores Fischbach y van Buren, encargada de iniciar los estudios preliminares.

En Mayo de 1914 se inscribió en el Registro del Conservador de Comercio del Departamento de Vallenar, el acta por la cual los dos socios organizaban la Sociedad Minera Chilena-Alemana-Holandesa, para tomar posesión de las minas de Algarrobo, adquiridas en 1913, y en general, para atender sus intereses en el país.

III. GEOLOGIA

La posición geológica del yacimiento de fierro de Algarrobo no está aún determinada, por cuanto los estudios microscópicos y demás investigaciones científicas sólo se han iniciado recientemente; sin embargo, de las

observaciones que los distintos geólogos han hecho en el terreno, se desprende que el mineral de Algarrobo corresponde a una serie de erupciones más básicas y recientes que probablemente pertenecen al mesozoico o

terciario y que, vecina a las formaciones más ácidas consideradas como más antiguas, se manifiesta de Norte a Sur a lo largo de todo el país.

Estas rocas más básicas que han originado el yacimiento metalífero de Algarrobo, tienen en su composición variable una gran relación con la de una magma de diorita o de diorita-cuarcífera, debido a su contenido de anfíbola y plagioclasia. Por otra parte, ha sido difícil hasta hoy hacer investigaciones sobre rocas originales y es por eso que las observaciones que se tienen de rocas tomadas en la superficie, que por la acción de los agentes atmosféricos se presentan generalmente descompuestas, no pueden servir de base a un estudio definitivo.

La forma mineralógica de la diorita corresponde a una roca de grano fino, con granos incluidos de mayor tamaño que le dan un aspecto de estructura porfírica y que en esta forma alterada podríamos llamarla porfirita o porfirita-cuarcífera y dacita o andesita en su forma original o primitiva.

En el mineral de Algarrobo se observa una corrida de diorita de ocho a diez kilómetros de largo que presenta en sus bordes una zona más aplítica. No muy lejos de los bordes de la diorita se encuentran las concentraciones, macizos o lentes de fierro que constituyen el yacimiento de Algarrobo.

Ha sido interesante observar que solamente los macizos o lentes de fierro que se encuentran al borde Oeste de la corrida de diorita y cubren una longitud de más o menos cuatro kilómetros por un ancho que alcanza en partes hasta 120 metros, constituyen un depósito que por la excelente calidad de su mineral podrá seguramente desarrollarse en condiciones comerciales de una manera industrial.

La parte principal del yacimiento de fierro de Algarrobo alcanza en sus afloramientos una altura de 1,250 metros sobre el nivel del mar, o sea, de 230 metros sobre el nivel de la quebrada de Puquios que corre de Norte a Sur por el costado Oriente del yacimiento.



Mineral de Fierro de Algarrobo.—Vista del potente afloramiento en la cumbre del Cerro Penoso

IV. RECONOCIMIENTOS Y CUBICACIONES DE MINERALES

Los reconocimientos efectuados hasta la fecha están ubicados en su totalidad en la parte Sur del cerro Algarrobo.

La boca del socavón principal de reconocimientos queda a 1,020 metros sobre el nivel del mar. Este socavón que corre de Sur a Norte con más o menos 20° al Oriente, está labrado en la zona de contacto por el lado Poniente del cuerpo mineralizado y tiene una longitud total que alcanza a 350 metros.

Tanto el socavón como las estocadas que parten de él, han permitido poner de manifiesto la gran potencia del yacimiento de minerales de hierro de Algarrobo, como también todas las características geológicas de este importante depósito. Por lo demás, dichos trabajos de reconocimientos han evidenciado de una manera bastante precisa la forma continua e invariable del macizo mineralizado en la parte comprendida entre el afloramiento y el nivel del socavón, es decir, en una altura aproximada de 200 metros.

Además de los reconocimientos que he mencionado y que considero los de mayor importancia, existen otros trabajos que también ponen de manifiesto la continuidad de la mineralización hacia profundidad. Así por ejemplo, en el nacimiento de la quebrada de Nisñiles se encuentra la boca del socavón N.º 2 que corre de Oeste a Este, es decir, en dirección normal al socavón principal y corta al cuerpo mineralizado en un plano que queda a más o menos 50 metros sobre el nivel del socavón N.º 1.

Este socavón de atravesio que tiene aproximadamente 180 metros de largo, sirve también de labor de ventilación para los trabajos que se desprenden del socavón principal.

Con respecto a la parte del yacimiento que queda más al Norte y que corresponde al cerro Penoso, y en el cual, fuera de los pozos de ordenanza, no existen más reconocimientos que una zanja que corta transversalmente la corrida del afloramiento principal, he considerado para el cálculo del mineral probable una altura máxima de cincuenta metros, basándome en la altura del mineral que las quebradas de la Retamilla N.º 1, 2 y 3 dejan expuesto en su intersección con el afloramiento.

En el yacimiento de Algarrobo predomina el mineral de hierro que corresponde por su composición a una magnetita de excelente calidad, sin embargo, las investigaciones microscópicas que se han hecho sobre muestras tomadas de la superficie, indican que la magnetita en parte ha sido transformada en hematita, probablemente a consecuencia de la descomposición atmosférica de ésta en ausencia de agua.

Los análisis efectuados sobre muestras de minerales de Algarrobo han dado leyes que varían en la siguiente forma:

Fierro	64	a	68	%
Sílice	1,5	>	7	>
Cal	0,35	%		
Fósforo	0,03	>	0,1	>
Manganeso	0,12	>	0,25	
Alúmina	0,2	>	1,6	>

En consecuencia, basándome en los antecedentes ya expuestos llego a la conclusión de que el tonelaje de minerales de reserva del yacimiento de hierro de Algarrobo, puede establecerse en la siguiente forma:

MINERAL A LA VISTA

Puesto en evidencia en el Cerro Algarrobo por los trabajos de reconocimientos existentes.

Largo	350	metros
Ancho	100	>
Profundidad media	115	>
Densidad	5	>

Lo que da un cubo de Tons. 20.125,000

MINERAL PROBABLE

Estimado para el Cerro Algarrobo.

Largo	1,500	metros
Ancho	100	>
Profundidad probable	50	>
Densidad	5	>

Lo que da un cubo de Tons. 37.500,000

Estimado para el Cerro Penco.

Largo 2,000 metros
 Ancho 100
 Profundidad probable 50
 Densidad 5

Lo que da un cubo de Tons 50.000,000.

En resumen, considero que en el estado actual de los trabajos de reconocimientos desarrollados por la Sociedad Minera Chilena Alemana-Holandesa, es prudente aceptar las siguientes cifras como cubo de minerales de reserva:

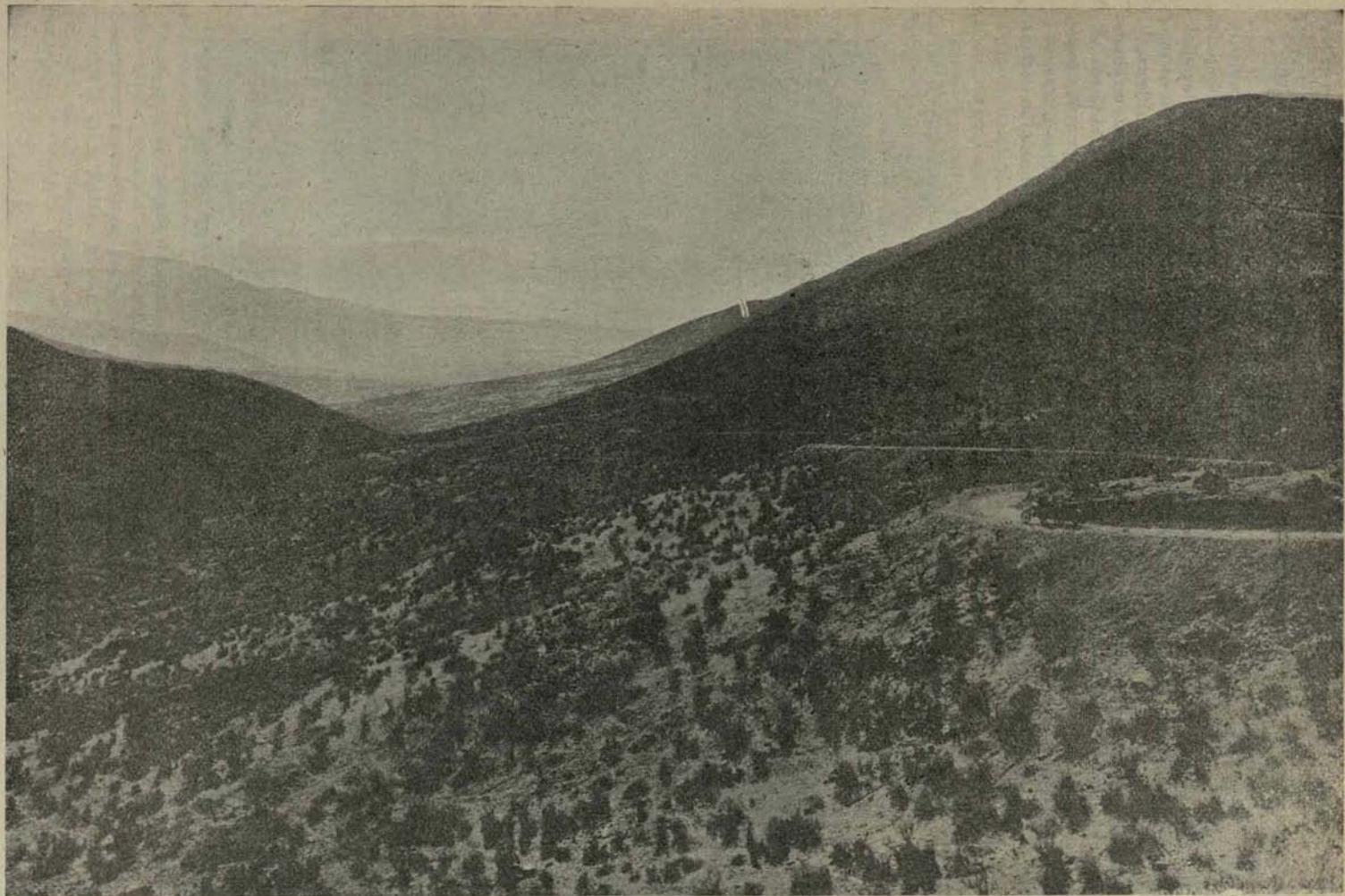
Mineral a la vista 20.125,000 toneladas
 Mineral probable 87.500,000

Como ya lo he dicho, el cubo de mineral probable ha quedado establecido tomando en consideración el área cubierta por los afloramientos hasta la profundidad de 50 metros que en varias partes queda de manifiesto.

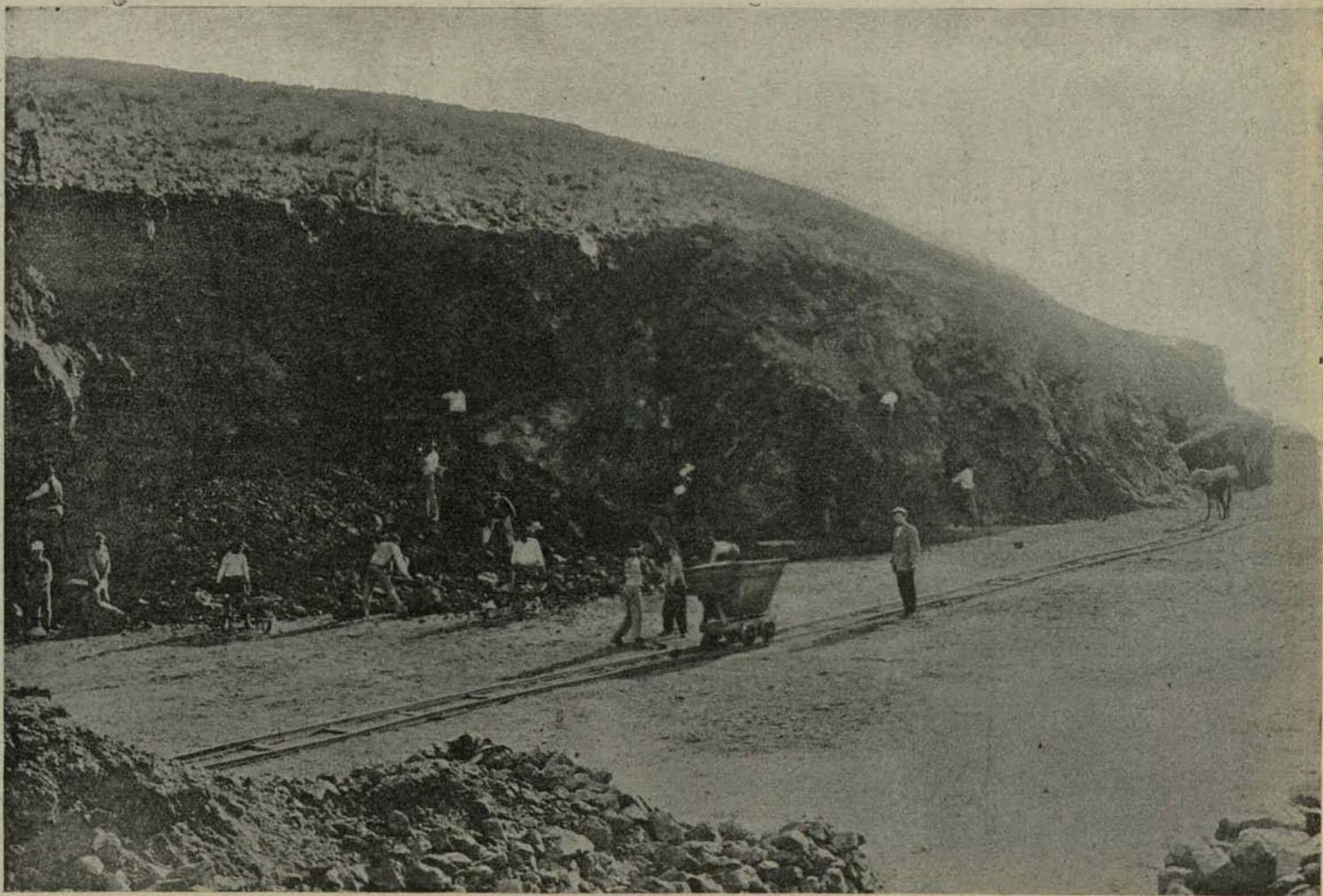
En esta cubicación no se ha tomado en cuenta el mineral que queda al Sur del Cerro Algarrobo, ni el mineral rodado que cubre completamente las laderas de ambos cerros, como tampoco ninguna manifestación aislada de mineralización.



Mineral de Hierro de Algarrobo.—Boca del Socavón principal que corre de Sur a Norte, desde el extremo Sur del Cerro Algarrobo.



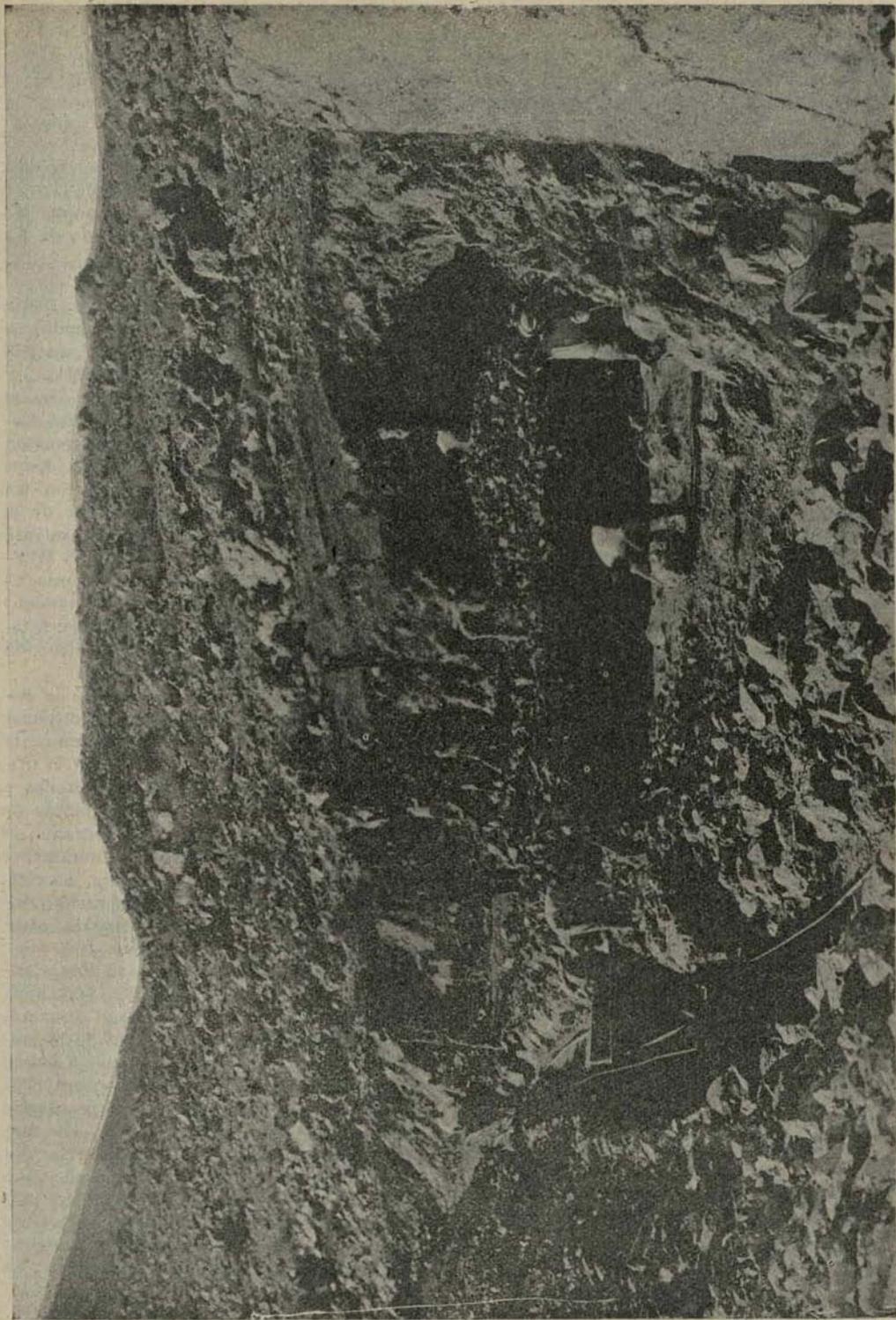
Mineral de Fierro de Algarrobo.—Camino carretero de Vallenar a las minas.



Mineral de Fierro de Algarrobo.—Gran terraza o corte en la parte sur del cerro Algarrobo, que deja de manifiesto la importancia del yacimiento.



Mineral de Fierro de Algarrobo.—Vista parcial del potente afloramiento.



Mineral de Fierro de Algarrobo.—Trabajos de preparación en la parte sur oriente del Cerro Algarrobo.

LA INDUSTRIA DE LA POTASA

Hasta hace dos años, la industria de la potasa era considerada como una de las ramas industriales que sufría especialmente bajo su organización ineconómica y su explotación técnica parcialmente atrasada. Estos defectos han sido subsanados mediante un trabajo perfectamente consciente, no sin sufrir grandes pérdidas de capital, pero sin embargo con éxito, en tal forma que la industria de la potasa se encuentra ahora en condiciones enteramente distintas a las antiguas. Las grandes luchas entre las sociedades poderosas que hasta hace dos años estrechaban en sus cimientos a la industria de la potasa, ya no son del primer término sino han sido reemplazadas por un desarrollo más tranquilo.

El resultado aparente del racionamiento en la industria de la potasa, el cual provisoriamente ha llegado a su término, consiste en que se han suspendido enteramente los trabajos en casi la mitad de los pozos de explotación existentes, es decir, de los 228 se trabajan ahora 121.

LA CONCENTRACION DE LA PRODUCCION

al menor número posible de sitios de producción, pero en los cuales es tanto más intensiva la explotación, ha sido, por lo tanto, adoptada en la industria de la potasa en forma mucho más radical que en las minas de carbón, pero también hay que considerar que la cuestión de la concentración de producción es para la explotación de la potasa un problema mucho más serio que en la explotación del carbón. De los 121 pozos existentes para el trabajo, se han reservado 46 para el futuro, con el objeto de poder ajustar, en cualquier momento, la cifra de producción a un aumento en la demanda. De manera que ACTUALMENTE SOLO EXISTEN 61 POZOS EN EXPLOTACION, es decir, algo más que la cuarta parte del número de pozos en el tiempo del racionamiento.

También la extracción ha sido limitada. En el año pasado alcanzó a 11,1 millones de

toneladas (en 1913 fueron 11,6 millones tons.). En cambio ha sido mayor la PRODUCCION DE LA POTASA PURA debido al empleo de métodos mejorados, y ha aumentado de 1,3 a 1,5 millones de toneladas.

El progreso técnico en la industria de potasa, sin embargo no se ha detenido. Desde algún tiempo se ha procedido a modificar la técnica de extracción, y facilitar con ello una EXPLOTACION MAS RACIONAL y, como lo ha explicado hace algunos días el Director General Rostberg en la Junta General de la Kali-Industrie A.G., este renglón ofrecerá otras grandes posibilidades. Estos hechos se deben considerar junto con las futuras expectativas para el consumo de la potasa. Es indudable que el mejoramiento en la elaboración de FERTILIZANTES MEZCLADOS contribuirá a que el consumo de fertilizantes mezclados conserve su tendencia ascendente. Este desarrollo también favorecerá la necesidad de una intensificación progresiva de la explotación agrícola.

Por estos motivos, principalmente, se evidencia desde luego la necesidad de disponer de FUERTES CAPITALES en la industria de la potasa, los cuales servirán para la utilización posterior de los nuevos métodos y correspondiente ensanche de las plantas de producción. De que este nuevo programa, el cual significa un desarrollo enteramente nuevo en la industria de la potasa, no conducirá a una nueva sobrecapitalización, indica la organización de esta industria, completamente distinta a la antigua.

La industria de la potasa está hoy resumida en NUEVE GRANDES CONSORCIOS, de los cuales el mayor, el Wintershall-Konzern, reúne ahora casi el 40% del total de la producción alemana. Al Salzdettfurt-Konzern corresponden 23%, al Burbach-Konzern 17%, al Preussag-Konzern 5,8% y al consorcio Friedrichshall-Neustassfurt un 4,6%. De manera que en estos grandes consorcios ya están concentrados 90% de la producción total. De que aun no ha terminado el movimiento de concentración, indica la reciente venta de la cuota de la sociedad anónima "Kaliwerke" al consorcio Salzdettfurt. En

(Traducido del "Hamburger Nachrichten" de Julio 6 de 1928).

vista de la gran posición que ocupa el racionamiento técnico en la industria de la potasa, no será posible para las fábricas más pequeñas conservar, a la larga, su independencia.

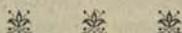
En los últimos tiempos han surgido, en varias ocasiones, suposiciones referentes a la próxima

FUNDACION DE UN GRAN TRUST DE POTASA, EN EL CUAL ENTRARIAN TODOS LOS CONSORCIOS.

Estas suposiciones son, indudablemente, demasiado prematuras, y demorará algún tiempo antes de que se realice ese trust. Pero existe la misma certeza de que el desarrollo compele a una unión más estrecha de toda

esta industria. Justamente el hecho de que la industria alemana de la potasa no mantiene el monopolio a partir del Tratado de Versalles, da un impulso extraordinario al pensamiento de proceder a una unión estrecha.

Digno de observación en los balances de las fábricas de potasa es el hecho de que la POSICION FINANCIERA de las diversas sociedades ha mejorado grandemente desde el año último. Pero también se debe considerar que el año 1927 fué un año excepcional también para la industria potasera y es dudoso que en el año 1928 se obtengan los mismos resultados. De todos confirma la muy mejorada liquidación, la impresión de que la industria de la potasa ha salvado ahora los tiempos críticos y de que ha entrado en una nueva fase de desarrollo.



NORMAS PARA EL AVALUO DE LAS PROPIEDADES INDUSTRIALES, MINERAS, ETC.

FIJADAS POR LA DIRECCION GENERAL DE IMPUESTOS INTERNOS

CIRCULAR N.º 247

Santiago, 25 de Junio de 1928.

En la fijación de los avalúos de las empresas importantes dedicadas a la industria, minería, etc., deberá estudiarse, de los balances e inventarios el valor actual que corresponde a los bienes de las compañías.

Por lo general, las cifras que figuran en el activo, y que se han formado con los costos de los terrenos, edificios, maquinarias, etc., no representan el valor actual de los bienes, pues según las utilidades del negocio, pueden las empresas haber efectuado castigos, apreciables o pequeños, que no correspondan a una depreciación racional de los bienes.

A esto hay que agregar la variación experimentada en el valor del activo, por las fluctuaciones de la moneda, la variación de los precios de las maquinarias e instalaciones y de los jornales.

Para fijar el valor actual de estos bienes, se

determinará «el costo de reproducción menos la depreciación», es decir, el costo que resultaría de formar una instalación nueva semejante a la actual en dimensiones y en calidad original, según salarios y costo de materiales a la fecha, menos la depreciación que corresponde a la especie y edad de cada uno de los bienes considerados.

Este mismo principio de valuación ha sido adoptado para la determinación del capital inmovilizado de las empresas ferroviarias y eléctricas del país, que están bajo la fiscalización de los Departamentos de Ferrocarriles y de Servicios Eléctricos, respectivamente.

La depreciación anual se calculará suponiéndola uniforme durante la vida del objeto (fórmula lineal).

La depreciación se obtiene multiplicando el costo de reproducción por el coeficiente de depreciación que corresponde al bien, de acuerdo con su duración. Si el objeto tiene un valor residual, o pudiera recuperarse alguna suma por los materiales después del desarme, deberá deducirse esta suma del costo de repro-

ducción» antes de multiplicarlo por el coeficiente de depreciación correspondiente.

Supongamos que un bien material cuyo coeficiente de depreciación anual sea de 5 por ciento, tenga un valor de reproducción de \$ 1,000, y que su valor residual se estime en \$ 100, el valor de la depreciación por cada año de servicio del objeto sería:

$$(1,000-100) 0,05, \text{ o sea } \$ 45$$

Este mismo criterio deberá aplicarse para efectuar las modificaciones de avalúos según lo dispuesto en el inciso 5° del artículo 17 de la Ley de contribución territorial.

Las empresas deberán entregar a la Dirección de Impuestos Internos un inventario de sus bienes con las siguientes anotaciones:

Descripción del bien.

Valor resultante del activo.

Costo de «reproducción».

Coefficiente de depreciación.

Edad del bien.

Depreciación acumulada.

Valor actual.

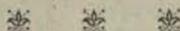
Los coeficientes de depreciación que se aplicarán a las diversas especies de bienes, serán las indicadas en los manuales y tratados. A continuación se indican las más necesarias para los avalúos:

	Empresas Industriales	Empresas mineras y salitreras	Interior de las minas
Calderas	5	5	
Motores a vapor.....	5	5 2/3	
» de explosión.	6 2/3	8 2/3	
» eléctricos	5	8 1/3	10
Turbinas a vapor.....	4	6 2/3	
Generadores de gas. . . .	6 2/3		
Turbinas hidráulicas . . .	3 1/3		

Generadores eléctricos. . .	5	8 1/3	
Transformadores.....	5	8 1/3	
Acumuladores eléctricos	10		
Compresores	6 2/3		
Bombas.....	6 2/3		10
Equipo menor.	7 1/2		10
Tableros de distribución	7 1/2		10
Obras hidráulicas, cá- maras de albañilería de turbinas.....	3 1/3		
Tranque concreto ar- mado.....	2		
Cañería de presión acero	3 1/3		
Cañería de presión con- creto armado.	2		
Línea con postación de fierro o concreto en conjunto.	1		
Línea con postación de madera	3 1/3		
Cables subterráneos ba- ja tensión.....	3		10
Puentes de madera.	5		
» de albañilería	4		
Puentes metálicos.....	3 1/3		
» de concreto ar- mado.	1 1/2		
Rieles.....	3		10
Durmientes.....	10		20
Telégrafos y teléfonos, conductor de fierro y postación de madera. . . .	8 1/2		10
Cierros de alambre....	6 2/3		
» » madera	10		
Estanques de madera. . .	10		
Estanques metálicos... .	4		
Estanques de concreto.. .	2		

NOTA.—Las empresas mineras y salitreras no se les aplicará un coeficiente menor del 5 por ciento anual, en vista que su duración no puede considerarse mayor de 20 años.

Dios guarde a Ud.—(Fdo.). C. RAMIREZ F., Director.



TIPOS Y FUNCIONES DE SUBSTANCIAS QUE AYUDAN LA FILTRACION (FILTER AIDS) EN LOS PROCEDIMIENTOS DE LIXIVIACION ⁽¹⁾

POR

A. W. ALLEN

Editor del Engineering and Mining Journal

El estudio de las propiedades adsorventes (2) de una sustancia que ayude en la filtración (filter aid) tiene naturalmente mucha importancia y ha despertado gran interés.

Los autores del trabajo que se discute en el American Institute of Chemical Engineers han expresado ya su opinión manifestando que una de las funciones principales de un "filter aid" es alterar, por medio de las fuerzas adsorptivas, el equilibrio del sistema coloidal que produce la turbiedad, ocasionando como consecuencia la floculación de la materia sólida, en el caso de una suspensión, o la separación de las fases líquidas de una emulsión. En la presente investigación, por lo tanto, se ha asumido que "la actividad adsorvente es el factor decisivo en la aplicación apropiada de un "filter aid".

Aunque los resultados de las investigaciones descritas demuestran una notable contribución a nuestros conocimientos, especialmente con respecto a la polaridad de las ayudas, creo que es igualmente importante llamar la atención de los técnicos a la acción misma de los "filter aids" cuya función es casi o enteramente mecánica.

Por consiguiente, difiero de la conclusión que mantiene que la actividad adsorvente es el factor decisivo en la aplicación de todos los "filter aids"; sin embargo admito que algunas de las sustancias que pertenecen a esta clase, poseen fuertes propiedades adsorventes, pero mi experiencia me ha demostrado que otras sustancias que funcionan

como ayudas en la filtración y que constituyen el grupo más importante, desde el punto de vista industrial, tienen muy pocas propiedades adsorventes o a veces ninguna.

Los autores de la monografía que se discute han clasificado al "Darco" y "Norite", ambos adsorventes muy activos, entre las sustancias que funcionan como ayudas en la filtración. Naturalmente si cualquiera de éstos se usara para clarificar, se podría producir una intensa acción físico-química, que tendría por resultado alterar el equilibrio y posiblemente producir la descoloración. Tiene considerable interés el hacer notar, sin embargo, que los autores han probado que este disturbio o alteración, ayuda o causa una floculación.

Los ingenieros químicos están o debieran estar interesados en el estudio de los principios fundamentales que gobiernan la simple y eficiente separación por lixiviación del material soluble contenido en una ganga naturalmente insoluble. El éxito comercial de muchas operaciones de este tipo depende enteramente de la porosidad de la masa después de haber sido chancada a un tamaño conveniente que permita exponer la sustancia que se va a disolver a la acción del líquido disolvente. Tales productos en bruto generalmente contienen materia coloidal que causa resistencia a la corriente; pero la porosidad o la permeabilidad de la solución puede aumentarse mediante la destrucción de la envoltura coloidal, como, por ejemplo, por medio de una tuesta. En la recuperación de los compuestos de cromo, contenidos en menas de hierro y cromo, se procede en la forma indicada. Es completamente indispensable que el material se someta a una molienda fina, por cuanto la menor porosidad que resulta después de una molienda de esta naturaleza queda por demás contraproducente con los efectos favorables que se con-

(1) Con el presente trabajo ha cooperado el señor A. W. Allen a la discusión promovida en el American Institute of Chemical Engineers en su sesión del 5 de Diciembre de 1927, con motivo del estudio presentado por los señores H. I. Olin N. A. Skow y Louis Zarf, sobre las propiedades de adsorción de los "filter aids". (Traducción del Ingeniero de Minas don F. Benítez).

(2) La palabra «Adsorción» que figura en este artículo, se ha tomado del inglés «Adsorption» y con ella se designa a la fuerza molecular o «adhesión» de las moléculas de gases o de sustancias disueltas a la superficie de cuerpos sólidos y que resulta de una concentración relativamente alta de gas o de solución en el punto de contacto.

siguen con la destrucción de las características coloidales de la materia prima tratada.

La reducción de la resistencia a la velocidad de percolación de una solución lixivante, mediante una tuesta previa del material que se desea tratar, es muy rara vez deseable y práctica. La materia prima contiene en la mayoría de los casos una gran cantidad de material que en su estado natural funciona como ayuda en la filtración (*filter aid*); pero un chancado a un tamaño de partícula realmente pequeño es por lo general necesario para proporcionar una superficie adecuada de substancia que funcione como ayuda en la filtración o una cantidad suficiente de partículas que funcionen también como "*filter aid*"; y o el coloide presente puede ser tratado con un electrolito o coagulante para reducir su poder de oponer resistencia a la corriente de la solución lixivante. Mis primeros trabajos en este terreno se relacionaron principalmente con la extracción de los contenidos de oro y plata de minerales, empleando para ello soluciones de cianuro. La mayoría de los minerales mencionados se trataban directamente, es decir, tal como se presentaban en la naturaleza, y el problema cuya solución era necesario buscar se reducía a impedir la acción mecánica de la arcilla coloidal. Se encontró que la cal era un agente floculante apropiado que ayudaba también a impedir que la solución de cianuro se acidificara con la consiguiente pérdida de su valor disolvente. Incidentalmente la cal producía un cambio distinto en la coloración, cambio que servía para indicar la cantidad que de ella se necesitaba. En los comienzos de mis investigaciones, sin embargo, tuve que hacer frente al hecho de que la pérdida de oro en el residuo después del tratamiento, era mayor si el mineral había sido molido en contacto de una solución de cianuro aurífero. La alternativa consistía en moler en agua fresca, separar la mayor cantidad posible de oro por amalgamación, esparcir la pulpa que resultaba por decantación intermitente o continua y devolver el rebalse a la planta de molienda. A las arenas espesadas se les añadía cianuro para lixiviar la masa de arenas asentadas. El problema envolvía el estudio del grado de adsorción del cuarzo u otra ganga que sirviera como "*filter aid*" natural y la adsorción por la arcilla coloidal que constituía los "lodos". Las investigaciones y la experimentación con soluciones auríferas — cuyo contenido en oro era conocido — al ser mezcladas

con muestras de arcilla, indicaron una relación entre la concentración y la abstracción que no obedecía a la ley de la adsorción aceptada. Era evidente que la adsorción era principalmente responsable, lo que explicaba el por qué un mineral seco molido en agua con cal daba un residuo con menor contenido de oro que el que daría un mineral con las mismas características y de igual ley, que hubiera sido molido en contacto de una solución de cianuro con oro. Otras pruebas demostraron que tal oro abstraído era, aunque con dificultad, casi enteramente separable, mediante un contacto de larga duración entre el lodo coloidal y el agua fresca, lo que indicaba una vez más que la acción era simplemente de adsorción. Otras investigaciones indicaron que el empleo de cal como electrolito resultaba en la adsorción del ión de calcio por las partículas de arcilla, sin duda un factor en la clarificación. Debe tenerse en cuenta sin embargo que la adsorción se verifica en las partículas coloidales de los lodos y no en una substancia insoluble que funcione como ayuda en la filtración. Se demostró que las características adsorventes del cuarzo, substancia que naturalmente funciona como ayuda en la filtración, eran despreciables aunque probablemente se verifica una pequeñísima adsorción en la superficie de las finas partículas de sílice que se presentan asociadas con el lodo coloidal. Sin embargo, cualquiera que sea la amplitud de la acción adsorvente, es sin duda preferible la retención de una substancia sin valor facilitada por un coagulante o electrolito a la retención del oro o de un compuesto de este metal; de aquí se deduce la ventaja técnica que resulta de moler en contacto de agua con cal los minerales que tengan contenidos de metales preciosos en vez de hacerlo en soluciones de auro-cianuro. Debemos también hacer notar que las ventajas económicas de moler en soluciones de cianuro en algunos casos pueden hacer de este método el preferido.

La substancia de mayor uso como ayuda en la filtración es la sílice natural o cuarzo u otra ganga. Cada año se emplean cientos de millones de toneladas de este material aunque a la función básica de esta substancia muy raras veces se le presta la atención que merece. Estoy seguro que los efectos producidos por la adsorción son despreciables, excepto quizás en los tamaños más finos. Sin embargo las substancias no adsorventes que funcionan como ayudas en la

filtración, no están limitadas a la sílice y a las gangas de las rocas, pues una substancia tal puede formarse de una manera distinta a la que exija la molienda de la materia prima. Después de mi trabajo de hidrometalurgia presté atención a un interesante problema de investigación y que tenía relación con el siguiente tema: "indicar un sistema para recuperar en una forma eficiente y de poco costo el nitrato que se encuentra en el caliche de Chile", y encontré que era esencial una adecuada provisión de una substancia que funcionara como ayuda en la filtración. El desarrollo del procedimiento que de estas investigaciones resultó, permitió el tratamiento con éxito de caliches que ya habían sido abandonados por considerárseles demasiado refractarios para tomarlos en cuenta. Me propongo hacer una detallada descripción de este desarrollo porque invita a la discusión de cualquiera conclusión que sienta que: "una substancia que funcione como ayuda en la filtración, no es meramente un agregado inerte que eleva la velocidad de la corriente al aumentar la porosidad, sino que es un poderoso agente activo en el campo de la física coloidal".

La gran dificultad en la recuperación del salitre en Chile ha sido siempre el tratamiento de la borra o lodo y el problema fué resuelto evitando que se agravara la resistencia a la corriente en la selección de la temperatura de la solución lixivante y asegurando la formación y distribución uniforme de una substancia insoluble que funcionara como ayuda en la percolación y que no tuviera absolutamente ningún efecto adsorbente sobre la materia coloidal presente, o por lo menos, ninguno que yo pudiera descubrir. La química y la física han hecho grandes progresos en los últimos años y un conocimiento científico de la acción de adsorber es esencial al investigador. Ocasionalmente el investigador falla al no comenzar su trabajo por un estudio de simples principios fundamentales de la mecánica. En un caso tal, puede el investigador crear un serio problema económico mediante su firme determinación de aplicar solamente principios complicados en el desarrollo de un procedimiento técnico, olvidando el hecho que la simplicidad y la economía, que debieran ser la "última Thule" en los trabajos de investigación, rara vez se obtienen de esta manera. El empleo de un "char" sumamente activo como substancia que funcionara como

ayuda en la filtración introduciría en la mayoría de los casos un serio problema económico. La firme determinación de aplicar una ley o teorema químico complejo, puede muy bien estar también fuera de lugar en la solución de un problema industrial.

La recuperación simple y eficiente del salitre en el caliche chileno, no requiere a mi juicio que se le preste mucha atención a complicados problemas físico-químicos, a pesar de opiniones en sentido contrario. Los efectos termales son de gran importancia, de ahí que conviene aprovechar totalmente la mayor solubilidad que presenta el nitrato de soda en soluciones acuosas a altas temperaturas que cualquiera otro de los compuestos que lo acompañan en la materia prima.

El problema principal es y ha sido siempre puramente mecánico: separar el nitrato de la masa sin clasificar, en la forma de una solución no contaminada con borra o lodos y efectuar en seguida una eficiente lixiviación y desplazamiento hasta una conclusión lógica, que asegure una alta recuperación del salitre. La base del problema está en la producción de una solución no contaminada a una velocidad normal de desplazamiento, lo que depende claramente de la porosidad de la masa. Cuando yo comencé mis investigaciones sobre el caliche chileno y hasta mucho después de la introducción de mi procedimiento en la Oficina Delaware de la Du Pont Nitrate Company, la práctica se reducía a chancar grueso y a lixiviar en seguida el material en un cachucho provisto de un falso fondo de planchas perforadas y de los serpentines correspondientes, es decir, siguiendo un sistema en extremo ineficiente de desplazamiento diagonal; de manera que la solución así obtenida y destinada a la cristalización estaba generalmente contaminada con lodo coloidal junto con pequeños cristales de cloruro de sodio y otras impurezas similares, de las cuales el licor madre y las otras soluciones empleadas para lixiviar estaban invariablemente saturadas. Muchas son las razones de esta contaminación: principalmente el chancado grueso de la materia prima y el subsiguiente disturbio del equilibrio de la masa por las corrientes de calor que parten de las cañerías o serpentines de vapor en el cachucho. Mis ideas originales aplicadas desde entonces a casi un millón de toneladas de caliche consistían en lo siguiente:

1.º En un chancado más fino del caliche, a 1/2 ó a 1/3 de pulgada más o menos;

2.º En la colocación de un soporte adecuado para la carga en lugar de las planchas agujereadas o "crinolina"; y

3.º En el calentamiento de la solución antes de ponerla en contacto con la carga.

Estos cambios comercialmente aplicados en 1921, constituyeron, si se me permite el decirlo, un progreso básico en la práctica de recuperar salitre.

Los resultados obtenidos en las primeras investigaciones en que se emplearon soluciones a diferentes temperaturas confirmaron de una manera evidente mis conclusiones poniendo en claro por último un factor importante en el tratamiento del caliche. Se demostró que la lixiviación con agua fría era técnicamente practicable; pero, por razones que demandarían demasiado tiempo para discutir las en este trabajo, se consideró que no era económicamente apropiado efectuar la lixiviación en frío. Vale la pena dejar constancia que se obtuvieron recuperaciones de salitre extremadamente altas, mediante la aplicación de un procedimiento de lixiviación con agua fría desarrollado por los alemanes en Chile y que llegó hasta probarse en una planta de capacidad semi comercial en el año 1926. Este procedimiento envolvía sin embargo, la evaporación completa del agua empleada, ya que esta agua madre o solución débil no se hacía volver a la planta de lixiviación.

Empleando soluciones tibias encontré que la velocidad de la percolación era generalmente poco satisfactoria; los corta-circuitos que se producían eran inevitables, a menos que el desplazamiento de la solución se mantuviera a una velocidad anormalmente lenta. Con caliches altos en borras fué imposible efectuar una percolación eficiente y económica empleando soluciones tibias, aún mediante el empleo de disolventes con mucha variación en su contenido de nitrato. Una prueba empezada con una solución tibia podía, después de producido el corto circuito del lixivante, ser continuada a una velocidad económica por la substitución de una solución caliente. Estos resultados fueron comunes a una gran variedad de caliches y diferían muy poco con caliches y soluciones de un contenido variable de sulfato. Era evidente que el problema tenía más de mecánico que de químico, aunque problemas químicos podían ser "manufacturados" por la determinación de emplear una solución a una temperatura tal que se produjeran estas complicaciones. A este respecto, evito

a propósito referirme a detalles de las condiciones físicas y químicas que resultarían al no emplear soluciones calientes, por una parte, o a la reducción en viscosidad por su uso, por otra parte. Un estudio conciso de una carga después de un tratamiento completo con soluciones calientes, dió por lo menos una razón importante que explica los mejores resultados obtenidos con una molienda más fina, mediante la distribución más uniforme del disolvente que entra a través de un soporte adecuado en el fondo y por el calentamiento de las soluciones fuera del contacto con la carga; la lixiviación no interrumpida a través de una multitud de canales en la masa, aseguraba la formación, contemporáneamente con la abstracción del nitrato en la carga, de cantidades de pequeño cristales, que consistían principalmente de cloruro de sodio. Estos constituyen una substancia ideal como ayuda en la filtración, proporcionando una materia insoluble que facilita una percolación rápida y la eficiente extracción del nitrato. En el procedimiento Shanks se forman tales cristales aún en mayor proporción a causa de la evaporación de la solución en contacto con la carga; pero no se puede sacar ventaja de sus valiosas propiedades mecánicas, porque se aglomeran en masas en la carga, o se escapan con la solución y se depositan en gran cantidad sobre la parte superior de la carga o en el fondo del cachucho.

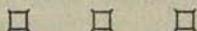
El examen de una carga drenada (seca) que haya sido eficientemente lixiviada con una solución caliente indica que los cristales de cloruro de sodio y otras "impurezas", se depositan precisamente donde son necesarios para facilitar la clarificación de la solución que contiene la materia coloidal. Una partícula coloidal puede actuar aún como "semilla" para la depositación de un cristal de éstos, y por consiguiente, inhibiendo las propiedades refractarias de un constituyente del caliche en bruto. La expresa provisión de una multitud de canales en la masa nos asegura contra la inactividad en cualquiera de sus partes y asegura la formación del pequeño cristal que se desea que funcione como ayuda en la filtración. Una ventaja clara es la alta velocidad de percolación posible en el tratamiento de un caliche normal que asegura un tratamiento rápido y barato. Así, el empleo de una solución a la temperatura máxima practicable, permite el tratamiento en masa aún de una materia prima muy refractaria. Con soluciones a bajas tempe-

raturas, por el contrario, encontré que son inevitables los corto circuitos en el licor lixiviante, lo que sólo se puede impedir en la mayoría de los caliches mediante la previa separación de una parte o de todos los finos y materia coloidal y su tratamiento con un costo extra considerable, en un anexo por medio del filtrado al vacío o a presión. La verdadera solución del problema del salitre chileno, sin embargo, debe buscarse en el sentido de un tratamiento simple, con una recuperación rápida, un manipuleo mecánico de la materia prima y con productos intermediarios y finales. La lixiviación en grande de toda la masa en virtud de la simplicidad y baratura de su aplicación, posee ventajas obvias.

La eficiente deposición "en", y el uso de cristales solubles en el agua como ayuda en la filtración (filter aid) en la lixiviación "de" de una masa terrosa es, creo yo, nueva. También he aplicado un medio tal para la clarificación de una solución turbia que contenía un compuesto cristalizabile sin valor que puede ser depositado al evaporar. Muchas salmueras naturales se encuentran comprendidas en esta clase. Creo que la acción es puramente mecánica y que no se verifica ninguna adsorción apreciable. Las partículas coloidales son meramente enredadas y rodeadas en partículas cristalinas presentes en la suficiente cantidad. Una substancia de este tipo que funcione como

ayuda en la filtración es simplemente un agregado inerte a la masa o fluido, una adición que aumenta la porosidad sin ningún efecto físico-químico apreciable sobre la materia coloidal presente.

Los que pudiéramos llamar "filter aids" non-adsorventes dejan muy atrás a la variedad adsorvente, en tonelaje e importancia. Los primeros son factores esenciales en la solución de un gran número de problemas relacionados con la recuperación de un producto valioso que hay que separar de una materia prima terrosa, o de una salmuera natural, o de un licor lixiviante contaminado con materia coloidal. De las dos variedades de esta clase, una consiste de una ganga que debe ser chancada para exponer la substancia soluble presente, y chancada a un tamaño tal que proporcione suficiente cantidad de partículas de "filter aid". En la segunda clase es igualmente necesario exponer el soluble de valor a la acción del licor lixiviante, y esto se hace efectuando hasta donde sea posible la disolución de un compuesto o compuestos sin valor que puedan encurrarlo. La cristalización de un compuesto tal sin valor, se verifica en una fase contemporánea, cuando la solución a alta temperatura empleada muestra una preferencia selectiva por el compuesto valioso, siendo el compuesto sin valor simultáneamente liberado en la forma de un "filter aid" apropiado.



SECCION SALITRERA

LA GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS DEL SALITRE DE CHILE
Y LAS TEORIAS QUE TRATAN DE EXPLICAR SU ORIGEN (1)

POR

DR. JUAN BRÜGGEN,
Profesor de Geología de la Universidad de Chile.

INTRODUCCION

La aparición de la importante Revista «Caliche» ha hecho nacer nuevamente un interés vivo por la cuestión tan discutida del origen de los yacimientos de salitre, interés que se ve en los numerosos artículos publicados en esta Revista. La mayor parte de las teorías antiguas y recientes tienen el defecto de desconocer la historia geológica del Norte de Chile en las últimas épocas.

Esto me ha movido a acceder gustosamente a la invitación de la Redacción de «Caliche» para escribir un artículo sobre la geología del salitre. En la primera parte haré una breve exposición sobre la historia geológica de la región salitrera y una corta descripción de los yacimientos mismos. La segunda parte la dedicaré a un estudio crítico de las teorías más importantes que tratan de explicar su origen. No he pretendido establecer una teoría nueva, y sólo he tratado de adaptar a las condiciones geológicas de la región salitrera la hipótesis de los bacterios nitrificantes que me parece la mejor de las hasta ahora establecidas, eliminando sí algunas suposiciones aceptadas por otros defensores de esta teoría que me parecen equivocadas.

I.—GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS
DE SALITRE

A.—MORFOLOGÍA DE LA REGIÓN SALITRERA

En los desiertos salitreros debemos distinguir dos regiones de configuración bastante diferente: en el norte, en Tarapacá hasta el río Loa, la Cordillera de la Costa está separada de la Cordillera de los Andes por el gran

valle longitudinal de la Pampa del Tamarugal; mientras que al sur de este río desaparece el valle longitudinal dividiéndose en una serie de anchos llanos irregularmente repartidos entre las serranías que se intercalan entre las dos cordilleras.

La Cordillera de la Costa, cuyas alturas en general no suben de 2,000 mts. consiste principalmente en capas mezozoicas de la formación porfirítica que en varios puntos encierran calizas fosilíferas; además existen numerosas intrusiones de rocas granodioríticas que se han formado en el cretáceo superior. Las mismas rocas componen también una gran parte de la alta cordillera que además contiene varias clases de rocas que no existen más al oeste. Entre éstas hay que mencionar las areniscas coloradas que al interior de Antofagasta, en San Bartolo, encierran los yacimientos de cobre nativo y que alcanzan su mayor desarrollo en la altiplanicie de Bolivia.

Las capas hasta ahora descritas forman la base plegada de la cordillera de los Andes y componen numerosos de los cerros altos. Pero en gran extensión quedan cubiertas por rocas volcánicas, sea que se trate de las extensas capas liparíticas del terciario medio o de las acumulaciones de los volcanes recientes que se limitan a la región de la frontera. El volcanismo reciente ha principiado en el terciario superior, en el plioceno, y ha perdurado hasta la actualidad.

Tanto el valle longitudinal de la Pampa del Tamarugal como los anchos llanos del interior de Antofagasta y Taltal, son depresiones rellenadas por espesas capas de rodados fluviales, que a menudo forman extensos conos de rodados originados por la sedimentación de los ríos andinos. Esto explica también la fuerte inclinación de E. a O. que se observa en todos estos llanos.

(1) Reproducido de la Revista «Caliche».

La subdivisión morfológica de las provincia del norte, tal como acabamos de describirla brevemente, no es muy antigua. En mi «Informe sobre el Agua Subterránea de Pica» (1) he demostrado que en el terciario medio no existía la depresión de la Pampa del Tamarugal, ni las alturas actuales de los Andes, sino que esta serranía estaba unida a la Cordillera de la Costa, formando serranías de declive relativamente suave. Después de las erupciones liparíticas, probablemente en el plioceno inferior, se produjo la depresión tectónica del valle longitudinal y al mismo tiempo los Andes subieron a sus alturas actuales. A juzgar por los numerosos temblores, estos movimientos orogenéticos siguen aún hoy día.

Muy importante es el hecho de no conocer ningún indicio de que el mar se haya encontrado en alguna parte del norte a contar desde el cretáceo medio.

B.—EL CLIMA

El clima de la región salitrera es por completo el de un desierto, pero con neblinas frecuentes, las camanchacas. Aun en las partes altas de los Andes las precipitaciones son escasas y los esteros que descienden de esa región se consumen antes de llegar a la región salitrera. Una parte de las aguas alcanzan hasta el pie de la Cordillera de la Costa, en forma de corriente subterránea, especialmente en la Pampa del Tamarugal. A veces bajan de los valles andinos grandes avenidas que inundan áreas extensas del valle longitudinal y que se repiten después de varios años de intervalo.

Hace poco, hablando geológicamente, debe haber existido un clima más lluvioso, según lo demuestran las numerosas pequeñas quebradas que descienden tanto de los contrafuertes de la Cordillera de los Andes, como de las serranías intermedias y de la Cordillera de la Costa. Esta época lluviosa debe corresponder a las épocas glaciales; pero aun en esas épocas el clima no habrá sido más húmedo que el de Coquimbo y Vallenar en nuestros días porque los rodados depositados en el cuaternario indican por su composición y estructura su sedimentación en ríos o esteros intermitentes.

En el terciario medio, cuando se formaron las enormes capas de lavas liparíticas, el clima debe de haber sido también bastante árido a juzgar por los rodados fluviales que se intercalan entre las capas y cenizas de liparitas.

Por consiguiente, en la región salitrera y en

sus vecindades ha existido un clima árido desde el terciario medio.

El resumen de la historia geológica de la región salitrera se halla representado en la tabla siguiente:

Actualidad	Siguen la concentración del salitre, el volcanismo en la alta cordillera, el relleno del fondo de los anchos valles tectónicos. Clima seco.
Cuaternario	Las dos o tres épocas glaciales. Pequeños ventisqueros en la alta cordillera. Principia el relleno de los anchos valles tectónicos. Formación del salitre y su concentración en los depósitos explotables. Sigue el volcanismo. Clima más húmedo.
Plioceno	Separación de las dos cordilleras por hundimiento de la Pampa del Tamarugal y otros valles de origen tectónico. Sigue la actividad volcánica. Clima seco.
Mioceno	Formación de las extensas lavas de liparita en la alta cordillera. Clima seco.
Oligoceno	Formación de los rodados inferiores a las capas de liparita. Clima seco.
Eoceno	Denudación de la cordillera formada por el plegamiento.
Cretáceo sup.	Plegamiento de la cordillera.
Cretáceo inferior y jurásico	Se depositan las capas de la formación porfirítica, las corrientes de lava, tobas, brechas, etc. La presencia del mar está comprobada por la intercalación de capas calizas con fósiles marinos.

EPOCA CONTINENTAL

(1) Bol. de la Sociedad Nacional de Minería. 1918, p. 305-35.

C.—REPARTICIÓN GENERAL DE LAS SALITRERAS

Mirando un mapa del norte de Chile, en el cual aparezcan indicadas las salitreras, se nota a primera vista cierta regularidad en la distribución de los yacimientos de salitre.

En Tarapacá, las salitreras más importantes forman una faja larga que corre a lo largo del pie oriental de la Cordillera de la Costa. Los depósitos empiezan a pocos metros encima del suelo de acarreo moderno de la Pampa del Tamarugal; prefieren las faldas de declive suave en las que suben hasta 50 a 100 mts. sobre el fondo de la pampa. Pero ya en Tarapacá hay excepciones notables: muchas salitreras se hallan en las depresiones grandes de la Cordillera de la Costa que no están en comunicación con el valle longitudinal. Otros yacimientos, aunque no explotables, han sido cateados en 1891 al pie de la Cordillera de los Andes entre las quebradas de Soga y Aroma.

En el Toco la repartición de las salitreras es parecida a las de Tarapacá, como que hasta aquí sigue el gran valle longitudinal. Pero en Antofagasta y Taltal, donde sólo existen anchos valles irregularmente repartidos, los yacimientos de salitre tienen también una repartición muy irregular, encontrándose con preferencia en los faldeos inferiores de los cerros.

También al sur de Tarapacá siguen depósitos de mayor o menor importancia situados dentro de la Cordillera de la Costa, a veces a poca distancia del mar. Pero de mayor interés científico, especialmente en cuanto se refiere al origen del salitre son los yacimientos que se hallan en la cumbre de los cerros de la costa, como por ejemplo, en la región de Paposo, donde suben hasta 2,000 mts. de altura o los depósitos del Cerro Peineta, al sur de la estación Refresco del Ferrocarril de Taltal, que se encuentran principalmente en la parte superior y hasta en la cumbre misma de 2,280 mts. de altura. Más al sur, en los Morros Blancos, también se observa caliche de buena ley hasta en la cumbre misma de los cerros a 2,000 mts.

Otros depósitos se acercan mucho a la Cordillera de los Andes, como en Antofagasta las salitreras de Boquete, Augusta Victoria, Providencia, etc. Una situación muy excepcional, la tienen los yacimientos de Maricunga, situados en la falda de volcanes extinguidos, como el Cerro del Toro, de Azufre, etc.

Esta breve reseña nos indica la gran irregularidad en la repartición de las salitreras y es especialmente esta irregularidad la que causa

las dificultades de todas las teorías sobre el origen del salitre.

D.—LAS DIFERENTES FORMAS DE LOS DEPÓSITOS DE SALITRE

Semper y Michels clasifican los yacimientos salitreros en cuatro grupos diferentes.

- 1) Mantos o depósitos lenticulares dentro de rodados sueltos o de escombros de falda.
- 2) Rellenando grietas superficiales de rocas firmes.
- 3) Rellenando cavidades en capas calizas.
- 4) Como eflorescencias en la superficie de salares.

Aunque esta clasificación es de gran importancia práctica, siendo el grupo N.º 1 el más importante, no cabe duda de que las subdivisiones 1 a 3 son del mismo origen. Solamente las eflorescencias en los salares ocupan una posición especial.

En las tres primeras clases de yacimientos, el salitre forma depósitos superficiales que no descienden a gran profundidad: rellena las porosidades o grietas superficiales de las rocas. Donde la superficie está formada de rodados o detritus sueltos, el salitre y sus sales concomitantes rellenan las porosidades que quedan entre las diferentes piedras transformando así la acumulación originalmente suelta en una roca dura. Donde no había tales acumulaciones de material suelto, el caliche relleno las grietas de las rocas duras, grietas que se han formado a causa de la descomposición superficial, probablemente debido a los cambios diarios de la temperatura. En general, las grietas desaparecen a poca profundidad. Cierta importancia en el ensanchamiento de las grietas, la tiene la presión ejercida por el caliche al cristalizarse sus diferentes sales. En la oficina San José en Tarapacá me tocó observar capas de salitre de pocos milímetros de espesor intercaladas en los planos de estratificación; además el salitre rellenaba también las grietas trasversales a la estratificación. Si el agrietamiento es muy fuerte, el caliche toma aspecto brechoso y a veces los pedazos esquinados de la roca yacen en una masa fundamental de caliche blanco. Si grietas aisladas descienden a mayor profundidad, el salitre puede también continuar bastante en ellas.

En las capas calizas, que son menos frecuentes en la región salitrera que las porfiritas, los yacimientos de nitrato tienen forma bien distinta, debido a la fácil solubilidad del carbonato de cal. Esta propiedad facilita los procesos de sustitución metasomática de la caliza

por las soluciones salitrosas, procesos que se desarrollan principalmente desde las grietas que se ensanchan irregularmente. Por esta razón en las capas calizas, el caliche rellena cavidades irregulares, que se explotan casi siempre subterráneamente y que se han seguido hasta 12 y más metros de profundidad.

En general los salares se hallan separados de los depósitos de nitratos. El caliche evita generalmente los puntos más bajos del terreno que a menudo están ocupados por los salares. Una excepción la constituye el salar del Carmen en Antofagasta, que sobre la costra de sal común contiene una capa de salitre bastante puro. Además este depósito tiene la particularidad de renovarse siempre, de modo que cada cuatro años se puede volver a explotar el mismo yacimiento.

La explicación de este depósito ya ha sido dada por Semper y Michels: el salar se halla a unos 15 kms. al oeste de la costa, donde termina un gran valle de dirección N.E.-S.O. que en sus faldas contiene numerosas salitreras. El yacimiento en el salar debe su origen a las aguas subterráneas que, después de haber pasado por estos depósitos de salitre donde han disuelto algo de nitratos, siguen por el fondo del valle y se detienen frente a los cerros de la costa en el salar del Carmen. En el salar el agua se pierde por evaporación quedando el salitre en la superficie del salar.

E.—LOS DEPÓSITOS DE SALITRE DE FORMA DE MANTOS

Según hemos visto más arriba, esta clase de depósitos es la más importante y por esto merece una descripción un poco más detenida. Geológicamente estos depósitos consisten en arenas y rodados y más frecuentemente en escombros de falda cementados por el salitre y sus sales concomitantes.

Los salitreros distinguen con nombres especiales los diferentes mantos entre los cuales el caliche se halla intercalado; desde arriba hacia abajo estos nombres son: chuca, costra, caliche, congelado y coba.

La «chuca» o «chusca» forma la superficie de los yacimientos y consiste en una tierra suelta que en su parte superior carece generalmente de sales, debido a la lixiviación causada por las frecuentes camanchacas. Hacia abajo aparecen sales entre las cuales prevalecen especialmente los sulfatos: tenardita, bloedita y yeso, mientras que los cloruros son menos importantes. En los análisis publicados por Whi-

thead hay 30 y 46% de ácido sulfúrico contra 10 y 4% de ácido clorhídrico.

En la «costra» ya aparecen leyes notables de nitratos que aumentan hacia abajo hasta alcanzar su máximo en el «caliche», a causa de esta transición debemos considerar estas dos capas como una sola; en realidad la palabra caliche se había empleado solamente para la zona explotable, y como actualmente se explotan caliches con leyes mucho más bajas que anteriormente, hoy día a menudo, se aplica la palabra caliche a lo que hace cuarenta años se llamaba costra. Dos de los análisis de la costra publicados por Semper y Michels contienen 16.3 y 14.4% de nitratos.

Característico para la parte superior de este manto salino es la gran importancia del cloruro de sodio que prevalece en comparación con los nitratos y también con los sulfatos. Hacia abajo aumenta la ley en nitratos y en general es superior a la cantidad de cloruro de sodio, aunque existen también excepciones. Según Semper y Michels los depósitos inferiores situados al pie de las colinas y a orillas de salares, son excepcionalmente ricos en sal común. Pobres en sal son los caliches de Taltal, donde prevalecen los sulfatos en comparación con los cloruros.

Debajo del caliche sigue el «congelado» compuesto de una mezcla de cloruro de sodio y de sulfatos y al fin la «coba» formada por tierra suelta, a menudo un poco húmeda, con piedras sueltas. La cantidad de sales en la coba es relativamente reducida.

Si tomamos en cuenta que los depósitos de salitre se hallan generalmente en los escombros de falda que cubren los cerros de inclinación muy variable, y otras veces se hallan en rodados fluviales de terrazas elevadas, entonces no puede sorprender que existe una gran variabilidad en la sucesión de los mantos en las diferentes salitreras y que especialmente el aspecto de los mantos en que se han cristalizado las sales, es muy variable.

F.—SALES QUE ACOMPAÑAN EL SALITRE

En el capítulo anterior hemos visto que los yacimientos de salitre de forma de mantos constituyen un solo manto salino, y que en este manto cubierto por una delgada capa de tierra suelta, las sales siguen más o menos en el orden siguiente (desde arriba hacia abajo).

- 1) Sulfatos;
- 2) Cloruro de sodio; y
- 3) Nitrato de sodio.

Este fenómeno, que ha sido descrito y ex-

plificado por Whitehead, indica que las sales se han depositado en el orden de la solubilidad que tienen a temperaturas de 10° a 20°, hallándose los más solubles más abajo.

Que no existe una separación completa según la solubilidad, y que, por ejemplo, los sulfatos siguen hasta la parte inferior del caliche, no puede sorprender. Es que no podemos aplicar las leyes establecidas por Vant'Hoff para los depósitos de sales oceánicas de Alemania. En los yacimientos de Alemania se trata de una precipitación de sales disueltas en una extensa bahía del mar que tenía casi la misma superficie que Alemania. Con la evaporación paulatina del agua, y por las reacciones de las sales disueltas, se formó una sucesión bastante regular de sales precipitadas. Mientras que en el caliche se trata de reacciones de diferentes sales que probablemente nunca han estado en solución libre, sino que a lo menos desde el momento que han llegado al punto donde los observamos hoy, se han humedecido repetidas veces sea por las lluvias accidentales o por la camanchaca. Las sales más solubles, los nitratos han migrado hacia abajo, lo mismo el cloruro de sodio, mientras que los sulfatos menos solubles y por eso menos atacables por la neblina se han mantenido en las zonas superiores. No es necesario describir detalladamente las sales que acompañan el nitrato de sodio, porque tales descripciones se hallan en todas las publicaciones importantes sobre los yacimientos de salitre. Nos ocuparemos solamente de algunas sales dudosas o de mayor interés.

Interés especial tienen los «percloratos» y «yodatos» porque acusan un medio fuertemente oxidante que ha existido durante la formación del salitre, punto a que debemos referirnos más tarde al hablar de los microbios nitrificantes.

La indicación de Semper y Michels de que Ochsensius menciona la presencia de «sales de urano» en el caliche, es errónea. En el índice de la obra de Ochsensius se halla en realidad la palabra «Uran», pero en las páginas a que se refiere el índice, se habla solamente de «urao», una clase de carbonato de sodio.

Ultimamente B. de Fiestas ha sometido las sales solubles del caliche a un examen espectroscópico, y ha constatado la presencia de un gran número de elementos, como por ejemplo, Na, K, Al, Mg, Fe, Ti, Mn, Cr, Ni, Ca, Ba y Bi.

La presencia de estos elementos, que existen en pequeñas cantidades en muchas rocas eruptivas, no puede sorprender, porque las

soluciones salinas atacan a las rocas y rodados en que se hallan y disuelven pequeñas cantidades de todos los elementos que contienen. La presencia de oro y cobre, etc. se explica por la existencia de vetas o impregnaciones de estos metales en las rocas fundamentales.

Un rasgo muy característico de los depósitos de nitratos es la ausencia de carbonatos. También esta cuestión ha sido materia de discusión. El señor Ugalde (1) ha observado grandes extensiones de pampas salitrales sembradas de piedras de carbonato de cal. Según esto, parece tratarse de una formación relativamente reciente y superficial, debida probablemente a la reacción del anhídrido carbónico con tierra superficial. En regiones, donde existen capas calizas en los cerros, tampoco puede sorprender la presencia de rodados superficiales provenientes de estas rocas. Pero, en el caliche mismo parece faltar enteramente el carbonato de cal.

Una importancia mucho mayor, la tiene la ausencia del carbonato de sodio, cuya presencia necesita Ochsensius para su teoría. Los numerosos análisis de caliches hasta ahora no han comprobado la existencia de cantidades apreciables de carbonato de sodio en el caliche. Ochsensius (2) cita la presencia de esta sal en forma de urao de muchos puntos, del Perú y de Bolivia; pero de Chile solamente del valle de Copiapó. Su indicación (pág. 27) de que el carbonato de sodio ha sido encontrado en el caliche, no la comprueba por análisis ni por indicación de la salitrera, donde se hubiera observado.

G.—ALGUNAS PARTICULARIDADES DEL CALICHE

a) EL ORIGEN DE LAS CALCEDONIAS.—

En una visita a la región salitrera llama la atención la innumerable cantidad de calcedonias o ágatas blancas que cubren la superficie del suelo y que se consideran como indicio favorable para la existencia de caliche. Darapsky (p. 164) supone su origen en las rocas eruptivas destruidas superficialmente que contenían estas piedras en sus porosidades. En realidad el ágata es un mineral que a menudo rellena las cavidades de rocas eruptivas, especialmente de melafiros y todas las ágatas que se usan como piedras de adorno, tienen esta procedencia. Pero con razón dice Darapsky que tales melafiros o rocas amigdaloides casi no existen en el desierto. En realidad encon-

(1) CALICHE. Año IV, p. 308 y p. 23.

(2) Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen, p. 26, 60 y 68.

tré en Antofagasta esta clase de rocas, pero las cavidades y su relleno eran de dimensiones tan reducidas que no pueden servir como explicación de las calcedonias superficiales.

Ochsenius (p. 80) menciona de tales calcedonias que su forma exterior no corresponde de ningún modo a la forma que tienen generalmente las cavidades en los melafiros. Pero que las mismas calcedonias se hallan también en los salares de Polapi y Ascotán, fuera de la región salitrera, y que también se han observado en los salares de otros continentes. Atribuye el origen de las ágatas a la acción de las soluciones de soda, junto a una lixiviación del ácido silícico.

b) EL ORIGEN DE LAS TABLAS.—En la oficina mencionada se me mostraron como indicios favorables que se pueden observar en la superficie, pequeñas filas y líneas de piedrecitas que forman un sistema poligonal irregular. A veces se pueden ver las piedrecitas situadas encima de grietas delgadas que continúan hacia abajo y atraviesan también el caliche. El salitrero dice que el caliche se ha dividido en tablas a causa de las grietas, llamando el borde de las tablas «orilla de las tablas». Desde el borde o desde la grieta, el caliche está generalmente enriquecido en salitre hasta una distancia de 3 a 10 cm. Este enriquecimiento se debe a que con la humedad de las neblinas, se disuelven los nitratos situados encima del caliche y emigran hacia abajo cristalizando en las orillas de las tablas.

Cuestión todavía discutible es la del origen de las grietas. Semper y Michels indican como causas probables el secamiento de las soluciones salinas o temblores que han sacudido las capas salinas sobre su base suelta. Esta última explicación parece poco probable, porque no se conocen fenómenos semejantes en otras rocas firmes que se apoyan también encima de otras capas sueltas.

Más adecuada parece la contracción de la costra y del caliche debido al secamiento, especialmente si tomamos en cuenta que las grietas forman una clase de sistema poligonal irregular, igual al observado en el barro seco. Pero en realidad es imposible imaginarse que el caliche y la costra hayan formado una masa blanda y plástica como el barro, especialmente como los polígonos de las tablas tienen diámetros mucho más grandes (hasta varios metros de diámetro) que los del barro seco. Polígonos parecidos, pero de dimensiones más reducidas, se observan también en la costra de los salares donde fuera de las grietas causadas por la contracción, se observan también

indicios de fuertes presiones. En una descripción geológica del Salar de Pintados he explicado las grietas poligonales de la costra del salar como debidas a la extensión de la costra bajo los rayos del sol y a la contracción por el enfriamiento de la noche (1). Pero los polígonos de la costra no pueden tener el mismo origen, porque descienden a profundidades en que los cambios diarios de la temperatura apenas se notan.

De todos modos, el agrietamiento poligonal debe considerarse como debido a una contracción de la costra y del caliche. Estos mantos salinos nunca han formado una masa blanda, pero pueden haber tenido anteriormente mayor humedad sin que por esto hayan perdido su solidez. Por el desaparecimiento del último resto de la humedad puede haberse producido la contracción que dió origen a las tablas. Importantes serían observaciones si también hoy, en días con fuertes camanchacas o después de una lluvia, las grietas se cierran o, a lo menos, se ponen más estrechas.

II.—YACIMIENTOS DE SALITRE FUERA DE CHILE

Aunque los yacimientos de salitre de Chile son los únicos explotables en el mundo, la presencia de nitratos se ha comprobado en casi todos los desiertos; pero en parte no se trata de nitrato de sodio, sino de nitrato de potasio. Este último mineral es especialmente característico para pequeños depósitos situados en cuevas, donde, aun en climas más lluviosos, queda protegido contra la lixiviación. En la mayor parte de esta clase de depósitos se ha comprobado que proviene de la descomposición del guano acumulado por animales, generalmente aves o murciélagos, a quienes la cueva ha servido de habitación.

Los únicos depósitos de cierta importancia de nitrato de potasio se hallan en la India Oriental, especialmente en las regiones bajas del río Ganges en Bengalia. En las ciudades y aldeas el suelo está tan impregnado de potasa y restos orgánicos en putrefacción que se puede explotar con provecho. El salitre crudo obtenido por lixiviación se purifica en refineras que se hallan diseminadas en el norte de India.

Salitre de sodio existe especialmente en regiones desérticas. Los depósitos del Perú forman la continuación de los yacimientos de Chile. Tampoco son explotables aislados de-

(1) Bol. Soc. Nac. Minería. 1918. p. 3-20.

pósitos que se conocen en Colombia, Bolivia y Argentina. Mayor extensión tienen los depósitos del oeste de Estados Unidos, pero tanto el espesor como la ley de nitrato impiden su explotación. Lo mismo puede decirse de Egipto y Algeria; en este último país, el nitrato aparece ligado a salares. Junto con nitrato de potasio aparece el salitre de sodio en las riberas de lagos salados de Hungría. En el Cáucaso hay un depósito interesante, por hallarse el salitre de potasio en capas calizas; muestras sacadas en una socavón dieron entre 2.8 y 14.6% de nitrato. En Asia, el salar de Chor-kala situado en la estepa de los Turkménos contiene una pequeña ley en nitrato de sodio.

III.—LAS DIFERENTES TEORÍAS DEL ORIGEN DEL SALITRE

En este capítulo expondremos brevemente las diferentes teorías, pero nos limitaremos a las más importantes, tratando de reunir teorías parecidas, y veremos que una gran parte de estas teorías deben eliminarse desde luego, porque no toman en cuenta la historia geológica de la región salitrera.

I.—TEORÍA DE LAS ALGAS DE NOELLNER

Esta teoría, establecida por primera vez por Noellner y reproducida más tarde por Sieveking, supone que en épocas pasadas el mar haya cubierto la región de las pampas salitreras. En las ensenadas se acumulaban grandes masas de algas marinas. Más tarde se cerraron las ensenadas por una barra, transformándose en lagunas de agua salada. Una vez las lagunas secas, las algas entraron en putrefacción, originando amoníaco que actuando sobre el cloruro de sodio y el carbonato de calcio dió nacimiento al salitre.

Esta teoría atrae a primera vista, porque explicaría en forma sencilla la presencia de yodo en el salitre; pero en la naturaleza no encuentra ningún apoyo. Primero, nunca se han encontrado restos de organismos marinos, especialmente conchas, en los depósitos de caliche. Todas las noticias acerca de hallazgos de conchas marinas de edad reciente han resultado erróneas; se las confundía con las conchas y amonites del jurásico provenientes de las capas calizas de esa edad. Estos fósiles se hallan como escombros de falda en el caliche, lo mismo que los rodados de granito o de porfirita que más tarde han sido cementados por el salitre y las demás sales. Las conchas modernas observadas por el señor Guzmán en el

salitre del Perú, sólo demuestran la existencia del mar cuaternario o pliocénico en esos parajes, pero no se pueden extender las deducciones a los nitratos chilenos cuyos depósitos son mucho más importantes.

Segundo, Ochsenius ha llamado la atención a las cantidades reducidas de bromo y de ácido fosfórico que existen en el caliche, mientras que en las algas estas substancias no faltan nunca. Según este autor, las algas contienen entre 19 y 21% de cenizas que encierran entre 0.3 y 1% de ácido fosfórico y entre 0.7 y 5.4% de yodo y entre 0.6 y 1% de bromo. Algunas algas, como *Fucus serratus* contienen en su ceniza mayor cantidad de bromo y de ácido fosfórico que yodo.

Por último, hablan en contra de la teoría de Noellner los yacimientos de salitre situados a grandes alturas, como en Taltal a más de 2,000 mts. en la cumbre de los cerros y a 4,000 mts. en la falda del Cerro del Toro en Maricunga. De un mar que haya alcanzado estas alturas, no existe ningún sedimento.

2.—TEORÍAS DEL GUANO

a) DIVERSAS TEORÍAS EXCEPTUANDO LA DE OCHSENIUS.—Forbes (1) ha desarrollado una teoría que podemos mencionar aquí, aunque no se basa directamente en el guano; supone que el salitre se ha formado por descomposición de los restos de conchas y plantas existentes en los alrededores de pantanos o lagunas de agua salada.

Hillinger (2) supone que en una época anterior al diluvio había en las riberas de grandes lagos de soda abundantes depósitos de guano; las aguas de estos lagos inundaron los depósitos de guano entrando el nitrógeno en reacción con la soda.

Muy semejantes son las teorías de Thiercelin (3) y Gautier (4) que derivan los nitratos del guano de aves. Gautier supone que el amoníaco se transformó en nitrato de amonio que reaccionó con el carbonato de calcio transformándose en nitrato de calcio; más tarde este cuerpo fué disuelto por el rocío de la noche y llevado hacia los salares donde se convirtió en nitrato de sodio, Thiercelin supone que el guano se depositó directamente encima de los depósitos de sal.

Una exposición muy detallada de esta teoría

(1) On the geology of Bolivia and Perú. Quart. Journ. Geol. Soc. 1860-61.

(2) Anuario Nacional del Perú. 1860, p. 191-ss.

(3) Chemische Jahresberichte. 1868.

(4) Annales des Mines. 1894. (9) T O R

la debemos a Penrose (1) quien supone que la región salitrera fué en otro tiempo el fondo del océano y que por solevantamientos, al perder la comunicación con el Pacífico abierto, se formaron una serie de lagunas de agua salada. En las riberas de estos lagos se depositaron las capas de guano que más tarde se transformaron en nitratos; éstos fueron lixiviados y llevados por el agua hacia los lagos mismos donde se convirtieron en nitrato de sodio.

A todas estas teorías puede objetarse: 1.º ¿dónde existen hoy día las conchas marinas petrificadas y los sedimentos marinos? 2.º ¿dónde existen los depósitos de fosfatos provenientes del guano? 3.º ¿cómo se explican los depósitos de salitre a grandes alturas?

b) LA TEORIA DE OCHSENIUS.—La pregunta N.º 2 que acabamos de hacer, la contesta parcialmente la teoría de Ochsenius (2) cuyo extracto tomado de Semper y Michels, pasamos a exponer.

Según su teoría, el mar ocupaba antiguamente no sólo la región costanera del norte, sino también la región de la actual altiplanicie boliviana. Con el solevantamiento de las cordilleras, esta parte del mar se separó del océano abierto, formándose una extensa bahía cerrada que, por evaporación, se transformó en lagos de aguas madres que paulatinamente se han elevado a alturas considerables. Algunos de estos lagos, como el Titicaca y el Poopó, se han conservado hasta hoy día; otros se han secado, dejando un depósito de sales, y una tercera clase, por último, se ha desaguado, rompiendo sus orillas y derramando sus aguas por la llanura.

En la pampa salitrera, las soluciones salinas de la tercera clase fueron detenidas por la Cordillera de la Costa, dando lugar a nuevos lagos de agua salada que más tarde se transformaron en salares. El volcanismo que estaba en plena actividad en el tiempo de la irrupción de estas aguas cargadas de sales, producía emanaciones de ácido carbónico, que en contacto con las disoluciones, transformaron una parte del cloruro de sodio en carbonato.

Desde los depósitos de guano de la costa, el viento llevó partículas de guano hacia los lagos de aguas madres, donde el carbonato de sodio reaccionó con los nitratos formados en el guano, dando así origen al nitrato de sodio. En este transporte eólico los fosfatos, debido a su peso específico más grande, quedaron

atrás en los depósitos de la costa, explicándose así la ley muy pequeña de fosfatos que se observa en el caliche.

En 1903, Ochsenius publicó un artículo, en el cual atribuye al nitrógeno del guano sólo el rol de excitador de la nitrificación, considerando el aire atmosférico como fuente principal de nitrógeno.

Al considerar esta breve exposición de la teoría de Ochsenius, se hace difícil comprender cómo pueden haberla acogido favorablemente muchos círculos científicos. Ochsenius había dado con su teoría de la barra una explicación muy buena del origen de los yacimientos potásicos de Alemania; pero es imposible aplicar la misma teoría a los yacimientos de salitre de Chile o de cualquier otro país.

Ochsenius parte del solevantamiento de la altiplanicie de Bolivia y supone que el agua de grandes bahías quedó retenida por la Cordillera de los Andes y la Cordillera Real de Bolivia. Si retrocedemos a esa época que correspondería a la segunda fase de los movimientos orogénicos en el plioceno, debemos tomar en cuenta que entonces no existían todavía los numerosos volcanes de la cordillera, los cuales probablemente han cerrado muchas salidas de las aguas de la altiplanicie boliviana, por lo tanto, el agua del mar podía escurrirse tranquilamente. Pero el supuesto mar que cubrió en el terciario medio o inferior la región de la altiplanicie o de la región de la costa, no ha dejado sedimentos fosilíferos, ni lagos de aguas madres en la altiplanicie. El lago Poopó y los salares vecinos, no pueden indicarse como ejemplo: el primero es el receptáculo del río Desaguadero que proviene del Titicaca, lago de agua dulce, y que recibe ríos de agua salada provenientes de capas salinas. La sal del lago Poopó se forma aún hoy día como sedimento continental.

El rompimiento de las orillas de los supuestos lagos con aguas madres y la excavación de quebradas profundas es una teoría que no tiene base alguna. El fondo actual de los valles hondos, como el del río Loa, corresponde al nivel actual de erosión debido a los esteros que con agua dulce, y en parte con agua salada, siguen descendiendo de la alta cordillera.

Del gran lago formado en la Pampa del Tamarugal por las aguas madres escurridas no existen sedimentos químicos, a no ser que, como Ochsenius, consideremos como tales los mantos de caliche. Pero de ningún modo, las aguas madres podrían haber alcanzado la cumbre de los cerros de la costa como en Tal-tal. Especialmente, en esa última región, la

(1) The nitrate deposits of Chile. *Journal of Geology*. 1910. p. 1-12.

(2) Die Bildung des Natronsalpeters aus Mutterlaugensalzen. 1887.

cordillera de la Costa está atravesada por una serie de valles que no permitirían estancarse el agua detrás de los cordones de la costa.

El lado más atacable de la teoría de Ochsenius, el transporte del guano desde la costa a la región salitrera, menciona como fuerza geológica el viento, el cual ha sido empleado más tarde por Lorenzo Sundt, con un resultado mucho más feliz. En cuanto se refiere al guano existente en la región salitrera, Ochsenius no debe basar su teoría en él, porque se trata de guano muy moderno, depositado por aves que han aprovechado las grietas y oquedades de la superficie para construir sus nidos. Además, menciona L. E. Williams (1), que el guano rellena grietas que descienden desde la superficie, pero que sólo a veces llegan al mismo manto salitrero. También son frecuentes en la superficie osamentas de aves, hasta los huesos más finos, esqueletos de individuos nuevos y hasta huevos enterrados en el guano, indicando que, en épocas recientes, las aves han tenido sus nidos en la superficie de la pampa.

Al fin una separación tan completa del guano amoniacal y de los fosfatos no podría producirse en el transporte eólico y deberíamos esperar una ley en fosfatos mucho más alta en el caliche; según Lortsch (2) el caliche contiene solamente 0.0075% de ácido fosfórico; en un análisis publicado por Newton la ley sube hasta 0.3% de fosfato de cal.

3—TEORÍAS DEL ORIGEN VOLCÁNICO DEL SALITRE

Las teorías que atribuyen origen volcánico al salitre se pueden dividir en tres grupos. Una de ellas hace provenir el salitre de las exhalaciones de los volcanes recientes de la alta cordillera; la segunda busca el origen en la radioactividad de las cenizas volcánicas modernas; y la tercera, hace provenir el salitre de las rocas volcánicas del mesozoico.

a) ORIGEN EN LAS EXHALACIONES DE LOS VOLCANES MODERNOS.—Courtenay de Kalb (3) busca el origen del salitre en los volcanes recientes, suponiendo que el hidrógeno naciente en las erupciones volcánicas se haya combinado con el nitrógeno para formar amoniaco y por último nitratos. En realidad, tanto el amoniaco como el cloruro de amonio son muy frecuentes en las erupciones volcánicas.

Sin entrar en detalles, la dificultad de esta teoría es, en todo caso, que las erupciones vol-

cánicas se producen en la alta cordillera, mientras que los depósitos de salitre se hallan en la cordillera de la costa, y suben hasta la cumbre de los cerros, donde los nitratos no pueden haber llegado en solución, aun suponiendo cambios muy importantes en la morfología.

Podemos mencionar brevemente aquí la teoría de B. de Fiestas (1) quien supone que nubes ardientes y descendentes por la falda de la alta cordillera, tal como se han observado en la erupción del Mont Pélée, hayan llevado los diferentes ácidos hacia la región de las salitreras, formando allá, por reacción con las rocas los diferentes nitratos, cloruros y sulfatos. Las nubes descendientes de erupción hasta ahora se han observado solamente en el Mont Pélée y de consiguiente, constituyen una forma muy excepcional de erupciones que no deben citarse para explicar el origen del salitre. Además, estas nubes habrían terminado ya mucho antes de haber llegado a la región salitrera, y al fin en la isla de Martinica han dejado en su camino un sedimento tan característico formado por una brecha volcánica, sedimento que no se puede observar en ninguno de los yacimientos de salitre. En la memoria del señor Fiestas abundan también otras afirmaciones increíbles sobre procesos geológicos que ya han encontrado en esta Revista una severa, pero bien merecida crítica por parte del señor E. Almeyda (2).

b) ORIGEN DEBIDO A LA RADIOACTIVIDAD DE CENIZAS VOLCÁNICAS.—La presencia de sustancias radioactivas en el caliche se ha supuesto desde algunos años, basándose especialmente en la coloración violácea que toman botellas de vidrio blanco botadas en el desierto. Pero este fenómeno que puede observarse también en la alta cordillera de Santiago, no necesita explicarse por la radioactividad del suelo, sino se debe a los fuertes rayos del sol que causan cierta transformación molecular en el vidrio.

En parte puede haber contribuido a la suposición de la radioactividad el error cometido por Semper y Michels al decir que Ochsenius haya comprobado la presencia de sales de urano en el caliche, equivocación que hemos explicado más arriba.

Ultimamente se ha publicado en el «Caliche» (Tomo 5 p. 557) un artículo de Stocklase en el cual dice que las cenizas recién arrojadas

(1) El origen del salitre. CALICHE. Tomo 4. 1922, p. 97-106 y p. 145-153.
El origen del salitre. (Tesis Doctoral). Universidad Central. Imprenta. Francisco Román Camacho. Granada. 81.

(2) CALICHE. Tomo 4. p. 396.

(1) Anales de la Universidad. 1881. p. 17.

(2) CALICHE. 1922. Tomo 4. p. 392.

(3) Mining and Scientific Press. 1916. Tomo 112. p. 325-27.

por el Vesubio tienen, fuera de muchas combinaciones nitrogenadas también una fuerte radioactividad de (6.95×10^{12}) Ra por gramo de roca y que igual radioactividad fuerte se observa en el caliche (de 9.9×10^{-10} a 80×10^{-12} Ra por gramo de roca).

Otra determinación de la radioactividad del caliche ha sido ejecutada por F. Díaz de Rada («Caliche», Tomo 5, p. 251) quien dice que la radioactividad es relativamente pequeña y que corresponde a la de tierras de cultivo de radioactividad baja.

Podemos dejar a un lado la cuestión de si el caliche es excepcionalmente radioactivo o no, porque según Stocklase, la radioactividad activa considerablemente la nitrificación de los bacterios y de este modo se supone el origen mismo de los nitratos como debido a bacterios nitrificantes, teoría que trataremos más abajo y que parece la más adecuada para explicar los depósitos de salitre.

c) PROVENIENTES DE SALES AMONIACALES ENCERRADAS EN LAS ROCAS VOLCÁNICAS DEL MESOZOICO. — Whitehead (1) a quien debemos la mejor descripción geológica de los depósitos de salitre y sus relaciones con la morfología, es el autor de esta teoría que busca el origen de los nitratos en las combinaciones nitrogenadas encerradas en rocas volcánicas del mesozoico, en las porfiritas y sus tobas. Es un hecho conocido desde muchos años el que rocas eruptivas encierran una gran cantidad de tales combinaciones que se desprenden al calentar las rocas hasta el caliente. Whitehead calcula que una faja de 100 kms. de largo, 18 kms. de ancho, 50 mts. de espesor con una ley de 0.02% de NH_4Cl , contendría en esta forma tanto nitrógeno como el producido total desde 1825. Según esta teoría, las combinaciones nitrogenadas deberían haberse conservado en la región salitrera, mientras que las rocas han sido destruidas por la denudación. Este proceso representa el lado más atacable de la teoría, porque la mayor parte de las rocas destruidas son removidas en forma de rodados fluviales, y debemos suponer que con ellos se va también la mayor parte de la sal amoniacal encerrada. Buscar el origen de los sulfatos y cloruros en las rocas volcánicas, como lo hace Whitehead, no es necesario, porque estos minerales abundan en cualquier desierto y porque su presencia tiene una explicación muy sencilla en la teoría de Sundt que estudiaremos más adelante.

La distribución actual de los nitratos se de-

be, según Whitehead, a fenómenos secundarios de concentración que se describen con mucho detalle. La teoría tiene la ventaja de explicar la presencia de nitratos aun en los puntos más altos; pero la separación del amoníaco de las rocas y su permanencia en el mismo punto es difícil de comprender.

4.—TEORÍA DEL ORIGEN ATMOSFÉRICO DE PISSIS Y SUNDT

L. Sundt (2) describe los puntos esenciales de la teoría de Pissis (3) así: «Pissis» se funda en el hecho conocido que en la atmósfera nunca faltan pequeñas cantidades de ácido nítrico, ácido nitroso y amoníaco. Donde las rocas feldespáticas se están descomponiendo por la acción del ácido carbónico de la atmósfera, formando carbonato de sodio, se transformaría éste, bajo la acción de dichas sustancias nitrogenadas, en nitrato de sodio, reacción que se aceleraría ayudada por la tensión eléctrica de las neblinas (camanchacas) y en presencia de un suelo poroso. Se formaría al mismo tiempo silicato hidratado de alúmina que en forma de caolina impura es tan común en el desierto y quedarían en libertad las jeodas y venas de calcedonia, que son tan comunes en los pórfidos y lavas del desierto y que a veces en cantidades estupendas cubren el suelo».

La teoría de Pissis tiene una gran dificultad en la explicación de las enormes masas de cloruros y sulfatos que acompañan el salitre en los yacimientos. El origen del cloro lo busca en las emanaciones volcánicas, lo que es poco probable si se toman en cuenta los depósitos de caliche situados a gran altura en los cerros de la costa. Del mismo modo las piritas encerradas en las rocas eruptivas difícilmente podrían dar la cantidad de azufre suficiente para la formación de los sulfatos.

Este obstáculo ha sido subsanado por L. Sundt (4), quien al mismo tiempo ha ampliado la teoría de Pissis. Sobre la fijación del ácido nítrico escribe Sundt (pág. 260): «Siendo muy porosos los productos de la descomposición feldespática, es claro que penetra el aire y con él también el ácido nítrico y el amoníaco. Esto ya sería suficiente para que el ácido nítrico expulsara el ácido carbónico o silícico formando el salitre, ya directamente, ya por doble descomposición entre el nitrato de

(2) Boletín de la Sociedad Nacional de Minería. 1912 p. 21.

(3) El Desierto de Atacama. Anales de la Universidad. 1877, p. 565.

(4) El origen del salitre y de algunas sales que los acompañan. Boletín de la Sociedad Nacional de Minería. 1919, p. 255-66.

(1) *Economic Geology*. 1920. Tomo 15. p. 187-284.
Traducción en CALICHE. Tomo 2. p. 412-428.

amoníaco atmosférico y el cloruro de sodio y calcio, que nunca faltan. Pero hay otra circunstancia más. Se sabe que tierras porosas tienen la cualidad de condensar los gases en mayor cantidad y además la de oxidar el amoníaco, en presencia de carbonatos, sea con la ayuda de microbios o sin ellos. Además se sabe que la fuerte neblina (camanchaca) que es muy común en las salitreras, especialmente en el invierno, contribuye en alto grado a condensar el ácido nítrico y el amoníaco».

Hasta aquí la exposición de Sundt a la cual sólo puede objetarse que este poder de condensación del ácido nítrico y de oxidación del amoníaco, según los estudios de Muntz, etc., no se debe a la porosidad del suelo, sino a los bacterios nitrificantes. Un suelo en el cual, bajo condiciones normales se forman nitratos, pierde esta propiedad al calcinarlo o al tratarlo con cloroformo, porque con estos procedimientos se mueren los microbios.

Toda aprobación merecen las ideas de Sundt respecto al origen de las sales que acompañan el salitre y su mayor mérito es que también pueden explicar la presencia del yodo en el salitre, que ha inducido a tantos autores a suponer la existencia del mar en la región salitrera.

Después de haber mencionado brevemente el origen de los cloruros y sulfatos provenientes de las rocas en descomposición, escribe Sundt en la pág. 205: «Pero en el desierto de Atacama existe otro factor, que también por necesidad debe haber proporcionado una parte de las sales. Este factor es la proximidad de la costa, de donde el fuerte viento S.O. durante el día por necesidad tiene que traer pequeñas partículas de espuma cargada de sales, que en la noche son precipitadas por la camanchaca o neblina. Que así sucede, es generalmente reconocido en otros países, donde los análisis químicos han probado la existencia en las aguas lluvias de todas las sales reconocidas en el mar, hasta el yodo».

En países lluviosos, estas sales vuelven luego al mar; pero en una costa de desierto, como la del norte, no pueden volver las sales sino siguen migrando hacia el interior, donde al fin quedan pegadas, sea como cemento de las arenas superficiales, sea formando la costra de los salares.

Se puede suponer también otro origen a una parte de las sales que abundan en todos los desiertos. En parte se trata de la desalificación de los sedimentos marinos que encierran cierta cantidad de sales desde la época de su

formación, como se ha comprobado en varios sondeos y minas hondas. Por otra parte, existen en la alta cordillera las areniscas coloradas del cretáceo que contienen alta ley en cloruro de sodio y en yeso; probablemente una parte de las vertientes saladas de la Puna de Atacama debe su contenido en sales a que sus aguas han atravesado estas rocas. Por último, las sales pueden tener también origen juvenil en las vertientes termales de la zona volcánica.

Pero, por lo general, debemos suponer que entre las sales del caliche prevalecen las transportadas por el viento desde el mar.

5.—TEORÍA DE LA FIJACIÓN DEL SALITRE POR LA ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA

Sundt acepta como ya existentes en la atmósfera las combinaciones del nitrógeno. Pero muchas personas creen que en la atmósfera de las regiones salitreras de Chile se producen cantidades anormales de combinaciones nitrogenadas a causa de una tensión eléctrica muy grande existente en esa región. Esta teoría, muy difundida entre los salitreros, supone que los nitratos se han formado por oxidación del nitrógeno del aire debido a una fuerte tensión electrostática que acompañaría las frecuentes neblinas de la costa. Miller y Singewald (1) suponen que la evidencia principal de tales condiciones son las interrupciones que sufre el servicio telefónico de la región salitrera durante las horas de la camanchaca; pero estas interrupciones encontrarían una explicación muy sencilla: todos los postes y aisladores de la línea telefónica están cubiertos de una capa fina de polvo salino que se levanta con el fuerte viento de la tarde; durante la camanchaca esta capa se humedece y se convierte en un excelente conductor de la electricidad, con lo cual desaparece el aislamiento de los alambres telefónicos, causando la interrupción del teléfono.

También se ha mencionado la presencia de amoníaco en las neblinas. Según Ochsenius, un litro de agua proveniente de las neblinas de París contenía 137 miligramos de amoníaco. Según un dato citado por Sundt (2) 1 millón de partes de agua de rocío contiene 1.6 a 6.2 partes de amoníaco en el peso, no en el volumen. Esto sería solamente 1.6 a 6.2 miligramos de amoníaco en el litro de agua de rocío. Se supone que 1 m de neblina contiene 1 a 3 grs.

(1) The genesis of the Chilean Nitrate Deposits. Economic Geology. 1916, p. 107. Traducción: CALICHE, Tómo I, p. 77.

(2) Boletín de la Sociedad Nacional de Minería. 1895, p. 56.

de agua, o en otras palabras, 333 a 1,000 m³ de la neblina contiene 1 litro de agua con 1.6 a 6.2 miligramos de amoníaco. Se ve que se trata de cantidades muy reducidas y además debe tomarse en cuenta que no toda la neblina llega al contacto con el suelo.

Miller y Singewald (p. 107), llaman la atención hacia los temporales eléctricos de la alta cordillera que se producen todas las tardes de verano y que también pueden haber contribuido a la formación de nitratos. Pero es imposible explicar cómo estos nitratos pueden haber llegado a las cumbres de los cerros altos de la Cordillera de la Costa.

6.—TEORÍA DE LOS MICROBIOS NITRIFICANTES DE MÜNTZ, PLAGEMANN Y HEADDEN

Ya en el año de 1862, L. Pasteur aconsejaba estudiar la nitrificación en el suelo, desde el punto de vista del poder oxidante de los microbios. En los años de 1877 a 79, Schlössing y Müntz comprobaban que la causa de nitrificación de los campos se debía a bacterios que oxidaban el amoníaco y combinaciones orgánicas del nitrógeno. Hasta entonces varios sabios habían creído que un suelo poroso tenía un efecto catalítico para el nitrógeno, como el platino esponjoso para ciertos gases. Pero los estudios de Landolt comprobaron que un suelo vegetal en el que bajo condiciones normales se forman nitratos, pierde esta propiedad, después de haberlo calcinado o tratado con cloroformo.

En seguida estudiaremos las condiciones bajo las cuales viven los microbios nitrificantes, siguiendo la exposición dada por Hoyt S. Gale en el Bulletin N.º 523 del «United States Geological Survey».

En 1890, Winogradsky logró aislar el bacterio nitrificante de forma globular o elipsoidal. Las sustancias que son nitrificables, generalmente son amoníaco o sustancias orgánicas. Parece que la nitrificación de una sustancia orgánica principia con la formación de amoníaco o más bien carbonato de amoníaco, sustancias que después se transforman en nitratos o nitritos. En un suelo natural poroso sólo se forman nitratos. Los nitritos aparecen como productos de reducción cuando, a causa de un exceso de agua, el aire está excluído.

El poder oxidante de los microbios no se limita al amoníaco y sustancias orgánicas. Müntz ha demostrado que yeduros se transforman en yodatos y también los bromuros sufren una transformación parecida. Este fenómeno tiene una importancia especial,

porque en el caliche el yodo se presenta en forma de yodatos.

También es importante el hecho establecido por Winogradsky que los organismos nitrificantes son capaces de vivir, desarrollarse y ejercer sus funciones en soluciones absolutamente inorgánicas, y que son capaces de producir materia orgánica de ácido carbónico y amoníaco sin ayuda de la luz.

Para la alimentación de todos los organismos es necesaria la presencia de ciertos constituyentes de la ceniza; así, la nitrificación no puede producirse en la ausencia de fosfatos. La presencia constante de fosfatos, aunque en reducidas cantidades en el caliche (1) es enteramente suficiente para satisfacer esta condición.

Necesaria es la presencia de oxígeno libre, y para la formación de nitratos la presencia de una base. Donde se presentan varias bases, como en los suelos naturales, el preferido es el carbonato de cal. Pero, según las observaciones hechas en California, donde sigue hoy día la formación de salitre sódico por intermedio de bacterios, debemos suponer que bajo condiciones áridas y en presencia de cierta salinidad del suelo, se forma con preferencia nitrato de sodio.

La nitrificación depende en alto grado de la temperatura. Principia ya a temperaturas muy bajas, como a 3° C, aumentando con la temperatura para tener un máximum a los 37° C; después disminuye rápidamente y termina a una temperatura de 55° C.

Newton (2) dió en 1896 una breve exposición, en la cual atribuye a los microbios el origen de los nitratos que habrían sido llevados a la zona de la costa por medio del agua.

Plagemann (3) supone que, en la época de la formación del salitre, haya existido una vegetación exuberante en la región andina de Bolivia y del norte de Chile. Como época de la formación supone el terciario superior y el plioceno. Contra esta suposición de Newton y Plagemann dicen varias consideraciones. Primero, no podemos explicar el nitrato de todos los yacimientos como debidos al agua de corrientes subterráneas y superficiales. Segundo, hay varias regiones en el mundo, donde se hallan reunidas las mismas condiciones necesarias para la formación de nitratos, según esta teoría, sin que contengan yacimientos de esta sal, de ellas mencionaremos

(1) LOBTSCH.—Estudio sobre los fosfatos en el caliche. CALICHE, Tomo 4, p. 392.

(2) NEWTON.—The origin of the nitrate in Chile. Geol. Magaz. 1896. Tomo 3, p. 239 y Bol. Soc. Nac. Min. 1911, p. 64.

(3) PLAGEMANN.—Der Chilesalpeter. p. 15-17.

los lagos Caspio y Tschad. En el primero desemboca el río Volga que viene de extensos bosques y el Tschad es el receptáculo de las aguas que provienen de los bosques tropicales del Africa central. Probablemente una vegetación exuberante consume todos los nitratos formados por la acción de los bacterios.

Para determinar las condiciones favorables a la formación de grandes cantidades de salitre, debemos estudiar una región donde hoy día se forman nitratos en cantidad. Tal es la región de Colorado (E. U.) que es caracterizada por un clima semi-árido. Los suelos contienen allá en su superficie hasta 6.5% de nitratos y a una profundidad de 5 pulgadas todavía 2.6%. Importantes son las conclusiones a que ha arribado Headden (1). »Los nitratos acumulados en estas áreas no han sido lixiviados en los terrenos vecinos, ni han sido llevados a estas áreas por aguas subterráneas a no ser que se trate de aguas que vienen de otras regiones con nitratos.

Los terrenos con nitratos son enteramente independientes de la composición geológica del terreno.

La fijación se produce rápidamente en estos suelos: el resultado máximo observado en 27 días corresponde a la fijación de 5.616 libras de nitrógeno por año y por un acre (0.4 hectáreas) y un pie de profundidad.

La extensa distribución de tales suelos en el Estado de Colorado y los resultados de fijación y nitrificación obtenidos en los experimentos sugieren la probabilidad de que los nitratos de Nevada, Chile y Perú deban su origen a la fijación y nitrificación del nitrógeno atmosférico por los bacterios».

Basándonos en estos resultados de Headden podemos ahora formarnos una idea acerca de la formación de los nitratos de Chile.

Al principio, en el párrafo que trata de la

geología de la región salitrera, hemos visto que en una época no muy remota, en el cuaternario, existió un clima más lluvioso en la región salitrera, pero que en esa época el clima no debe haber sido más lluvioso que el de Coquimbo o Valparaiso de nuestros días. Las serranías de la costa y de la alta cordillera estaban cubiertas por una vegetación de estepa y en los suelos abundaban los bacterios nitrificantes. La producción de nitratos era tan grande que la vegetación relativamente escasa no podía consumirlos.

Estas capas superficiales, ricas en nitratos, cubrían todos los cerros hasta en sus alturas más grandes, a lo menos en la Cordillera de la Costa. Por las escasas lluvias se lixiviaron los nitratos y se concentraron al pie de los cerros, junto con las sales marinas aportadas por el viento.

Los procesos de concentración pueden haber principiado ya durante la formación de los nitratos. La mayor parte del agua de las lluvias volvió por evaporación a la atmósfera; el resto, se infiltró en el suelo poroso, disolvía los nitratos y se deslizaba subterráneamente por los escombros de falda. Pero, generalmente, la lluvia ya había cesado, cuando el agua infiltrada había corrido pocas decenas de metros. Principió la evaporación del agua subterránea, precipitándose los nitratos que de este modo, en cada lluvia migraban un poco falda abajo. En vista de que, por lo general, el declive de las faldas es menor en su parte inferior, allá también el deslizamiento del agua subterránea es más lento, de modo que al pie de los cerros se formaron los depósitos más importantes de nitratos.

De consiguiente, la mayor parte de los nitratos explotables en las calicheras se hallan en yacimiento secundario, mientras que los pequeños depósitos situados en las cumbres de los cerros se encuentran en yacimiento primario.

(1) The occurrence and origin of nitrates in Colorado soils etc. Proc. Color. Scientific Society. 1911. Tomo 10, p. 99 ss.



SECCION CARBONERA

LOS COMBUSTIBLES LIQUIDOS

CLASIFICACION Y GENERALIDADES SOBRE SU CONSTRUCCION Y FORMACION (1)

Por

ENRIQUE HAUSER,

Profesor-jefe del Laboratorio Químico Industrial de la Escuela de Minas de Madrid.

El estudio de los combustibles líquidos apasiona por su importancia económica al par que por su complejidad científica.

Es, en efecto, bajo esos dos aspectos, cuyo enlace constituye el problema industrial, como debemos estudiarlo, porque de nada serviría aplicar a la industria los métodos de la ciencia experimental para obtener un producto, si luego éste no tuviese mercado o su precio resultara excesivo.

Para hacerme comprender mejor, voy a estudiar los distintos problemas que se nos presentan en el caso más general y sencillo, sin perjuicio de introducir luego modificaciones de detalle, como el matemático que estudia el movimiento del péndulo supo-

niéndole en el vacío y sin tener en cuenta el rozamiento de su eje de sustentación, haciendo más tarde las correcciones necesarias.

CLASIFICACION

Para facilitar este estudio he hecho la clasificación empírica indicada en el cuadro que tenéis a la vista, cuyo objeto es contribuir al enlace de mis explicaciones, sin perjuicio de creer que pueda hacerse una clasificación más completa. He puesto los aceites animales y vegetales primero, porque son los más antiguamente conocidos para las aplicaciones industriales; después, los minerales; luego, los productos más modernos de transformación de los anteriores, y, por último, los mixtos, de la mezcla de los minerales entre sí o con los vegetales o animales.

(1) Primera lección, explicada por don Enrique Hauser, en el curso de conferencias organizado por la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid. (De la Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería, N.os 3117 y 3118, de Mayo 1928).

CLASIFICACION EMPIRICA DE LOS COMBUSTIBLES LIQUIDOS

Origen	Productos	
Animal.....	Aceites y grasas.	
Vegetal.....	Por extracción directa..... Aceites y grasas.	
	Por fermentación..... Alcoholes etílico, amílico, etc.	
	Por destilación..... Aceite de trementina. Aceite de resina. Alcohol metílico. Acetona.	
Mineral.....	De extracción directa..... Petróleos.	
	Por destilación.....	Pizarras..... Petróleos.
		Carbones..... Lenta: Alquitrán primario. Rápida: Alquitrán secundario.
	Por síntesis directa o indirecta..... Sulfuro de carbono. Alcoholes y gasolinas.	
De transformación..	Por crujido (cracking)..... Gasolinas.	
	Por catálisis, con cloruro de aluminio, etc.....	
	Por hidrogenación..... Aceites vegetales y animales endurecidos. Hidruros de naftalina y antraceno. Berginización.	
Mixtos.....	Por mezcla de los productos anteriores.. Fuel-oil con carbón coloidal; sucedáneos de la gasolina para alumbrado y motores (carburante nacional). Lubrificantes mixtos, mazout para ejes de vagones, grasa consistente.	

ACEITES VEGETALES Y ANIMALES

Los aceites vegetales tienen en general mucha importancia, singularmente para España, ya que siendo la producción probable de este año de aceite de oliva de unos 546,000 metros cúbicos (500,000 toneladas) (1) no podemos echarlos en olvido. De los aceites animales no tengo datos suficientes porque no he podido encontrarlos, pues no existen estadísticas en los centros oficiales, aunque, sin duda alguna, las están organizando; pero sólo de aceite de ballena de la Ballenera Española, en el año 1921-22 obtuvimos cerca de 3,000 toneladas, siendo la producción total del mundo en el año 1919 de unas 16,000 toneladas.

Los aceites vegetales se han usado durante la guerra en sustitución de los minerales,

(1) La producción media de 1920-21 a 1924-25 fué de 303,235 metros cúbicos (278,000 toneladas) según los datos oficiales.

empleándose para los motores Diesel. La central de Larache estuvo funcionando con aceites vegetales, sin que ello produjera grandes dificultades, aparte de la cuestión de precio; únicamente la de limpiar los cilindros más a menudo. También se utilizaban durante la guerra como aceites de engrase y espesándolos por medio de la oxidación en caliente, para producir una especie de valvolinas mezclándolas, en su caso, con aceites minerales.

Pero no es sólo en la guerra donde pueden encontrar su empleo los aceites vegetales. Como aceites de engrase se han venido usando mezclándolos luego con los minerales, y aunque hoy día no se usen tanto en la misma forma, porque se ha encontrado que se oxidan más fácilmente que los minerales, y esto significa una desventaja, hay casos en que dan resultados irremplazables. Los residuos de destilar petróleos, productos que parecen una especie de brea líquida, llegan

a tener valor mezclándolos con una cierta cantidad de aceite de colza, al que se añade cal para saponificarle, porque esta especie de jabones son solubles en los aceites minerales, y luego batiéndolos por medio de aire insuflado, se obtienen aceites espesos que se llaman "mazouts", para engrase, y que se emplean en grandísima escala en las compañías de ferrocarriles.

Los aceites vegetales tienen, sin embargo, una propiedad especial que los diferencia de los aceites minerales para engrase, y es que su adherencia es mayor. Además, hay otra cualidad general que caracteriza a los aceites de engrase, que es la viscosidad, y así como los aceites vegetales tienen mayor adherencia que los minerales, su viscosidad es menor en la mayor parte de ellos.

Voy a definir rápidamente lo que significa viscosidad y a dar idea de lo que es adherencia, aunque esto se explicará con más detalle en lecciones sucesivas.

Ustedes conocen el teorema de Torricelli: lleno de líquido un depósito, el tiempo que tarda en vaciarse, por un orificio en pared delgada, es el mismo para igual altura del líquido, cualquiera que sea éste; pero si en vez de tener un orificio en pared delgada ponemos un tubo casi capilar y el líquido moja las paredes de éste, el barniz adherido a ellas forma una especie de forro sobre el cual va deslizando el resto del líquido, y mientras el tiempo que tarda en vaciarse el depósito es independiente de la naturaleza del líquido y no depende más que de la altura en el caso del orificio en pared delgada, cuando la salida se hace por un tubo casi capilar, entonces, conforme a la ley de Poiseuille, el tiempo que tarda en vaciarse el depósito para igual altura del líquido es proporcional a la viscosidad de éste. La capa que cubre las paredes del tubo es la manifestación de la adherencia; si se despega, tendremos entonces un rozamiento mayor: de un líquido contra un sólido. He aquí las razones por las cuales los aceites vegetales se emplean para mejorar los minerales, a los que se suele añadir otras veces, a ese fin, alrededor de 1 por 100 de ácido oleico.

Los aceites vegetales son más caros que los minerales, y esta cuestión de precio tiene su importancia. Sin embargo, existe un aceite vegetal, que es el de ricino, cuya viscosidad a 50°C. es diez y seis veces mayor que la del agua a 20°C., porque es el agua la que se toma como tipo, comparable a la de los aceites minerales de engrase y como además el

aceite de ricino se inflama a alta temperatura, compete con los minerales cuando se necesita un aceite puro, como en la aviación, aun en tiempo de paz.

¿Qué son los aceites vegetales y animales? Estos aceites en general son éteres y están formados por la combinación de los ácidos grasos con la glicerina. Esta es un alcohol trivalente; hay, sin embargo, algunos aceites en que están combinados dichos ácidos con un alcohol monovalente. Ahora bien: el carácter especial de estos cuerpos es que la cantidad de ácidos grasos alcanza próximamente al 95% del peso del aceite; de ahí la importancia que ha adquirido la industria de dichos ácidos.

En el aceite de oliva existen los ácidos oleico, palmítico y esteárico, aunque en bastante menor proporción este último; en el sebo de carnero y de buey se encuentran los mismos ácidos, pero predominando los dos últimos. En general, se encuentran dichos tres ácidos en proporciones variables en muchos aceites y grasas, pero luego cada aceite vegetal tiene algún ácido característico; por ejemplo: el aceite de linaza tiene el linoleico y el aceite de ricino el ricinoleico, etc. Además, existe como característico de los aceites animales un principio que es la colesterina, que sirve para reconocer cuándo en una muestra existen aceites animales, y la fitosterina, que sirve para caracterizar los aceites vegetales. Aquí tenemos varias muestras de dichos aceites que nos sirven de comprobación para nuestros trabajos, pues aun cuando este laboratorio es de análisis mineral, hemos tenido ocasión, porque nos decían que en otros laboratorios no hacían esos estudios, de analizar aceites de ricino y de colza, y eso ha contribuido a que tengamos ciertos conocimientos respecto de estos compuestos vegetales.

Estos principios orgánicos, es decir, estos ácidos, se separan muy bien en el laboratorio pero en la industria las dificultades para hacerlo son muchas; de modo que si bien se determinan las proporciones en que se encuentran, no es fácil separarlos. Aquí tengo dos muestras de ácidos palmítico y esteárico, cuya mezcla constituye lo que se llama la estearina del comercio. Pues bien; esta pequeña cantidad (100 gramos) de ácido esteárico puro ha costado 20 pesetas, y estos 50 gramos de ácido palmítico han costado 4.25 pesetas. (El señor Hauser enseña dos frascos conteniendo pequeñas cantidades de los ácidos indicados).

De modo que ni en los aceites vegetales ni en los petróleos se trata de separar los principios inmediatos, sino el preparar mezclas que correspondan a un determinado carácter industrial, sin perjuicio de irlos estudiando para ver a qué compuesto deben sus propiedades.

COMBUSTIBLES DE FERMENTACION

Continuando el estudio de los combustibles vegetales, después de hablar de los que se obtienen por compresión de las semillas o de la pulpa del fruto, vamos a ocuparnos de los que se obtienen por fermentación. Por fermentación de los jugos azucarados se obtiene, como ustedes saben, con arreglo a la siguiente ecuación: $C_2H_{12}O_6 = 2C_2H_5O + 2CO_2$, el alcohol de vino, y sin embargo, nunca se produce puro este alcohol, sino que está mezclado con otros varios, existiendo, por ejemplo, con aquél el alcohol amílico, que se llama alcohol de patata porque de la fermentación de ésta se produce en mayor proporción. También, y con objeto de preparar alcoholes que, como luego diremos, entran en la composición de los llamados carburantes nacionales, se emplea la transformación de la celulosa de la madera en glucosa por hidrólisis (1); es decir, que como a la celulosa por su composición le falta una molécula de agua para transformarse en glucosa, según indica la ecuación $C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6$, al provocarse por medio de un ácido esta combinación, la glucosa engendrada fermenta produciendo alcohol etílico y ácido carbónico. Esta es una fermentación aeróbica, hecha en contacto del aire, porque cuando ocurre fuera del contacto de éste se producen metano y anhídrido carbónico, con arreglo a la ecuación simplificada $C_6H_{10}O_5 + H_2O = 3CH_4 + 3CO_2$ (2), siendo así como se transforma la celulosa de la madera, enterrada, en turba, y ésta a su vez en lignito. La fermentación aeróbica no se produce siempre de igual manera, pues hoy día se ha encontrado que añadiendo sulfitos alcalinos al mosto no se origina el alcohol monoatómico ordinario, sino un alcohol trivalente, que es la glicerina, siendo éste el procedi-

miento que se empleó por los Imperios Centrales para procurarse glicerina durante la guerra cuando no disponían de grasas para ese fin.

EL ALCOHOL COMO CARBURANTE

Ya he dicho que el alcohol se utiliza para la preparación de los llamados carburantes nacionales (3); mas, debo añadir que es un producto caro que se emplea en Europa, porque la gasolina cuesta cuatro a seis veces más que en los Estados Unidos, y, naturalmente, puede en cierto modo competir con el alcohol; pero en los Estados Unidos no habría que pensar en ello, como no sea considerado solamente desde el punto de vista del rendimiento termodinámico. Además, es menester que ustedes sepan que para concentrar el alcohol de los mostos en que se encuentra o de los líquidos fermentados, preparados artificialmente, se necesita gastar cinco a seis veces su peso de carbón para obtener un litro de alcohol; de manera que las 7.050 calorías (4) que tiene el alcohol de 95° resultan muy caras, y es natural que se haya pensado del siguiente modo: si del alcohol obtenido de la madera cada caloría nos cuesta unas cinco veces más que quemando directamente el carbón de madera, quememos ésta o su carbón y realizaremos una verdadera economía. Este hecho ha estimulado la iniciativa de los inventores, entre ellos Imbert, ideando un ingenioso gasógeno en el cual quema carbón vegetal, habiendo obtenido muy buenos resultados en las pruebas con un coche de turismo, y si bien estos gasógenos y otros equivalentes (que queman también monte bajo) no pueden competir con la gasolina en los coches ligeros contruidos para desarrollar grandes velocidades, en los camiones automóviles el aumento de peso por el gasógeno es muy pequeño y bueno el rendimiento obtenido; tanto, que la Oficina Nacional de combustibles líquidos en Francia está apoyando este procedimiento y considera que el carbón vegetal o la madera es un verdadero carburante nacional (5).

(3) La producción de alcohol y aguardiente (no compuestos ni licores), fué en 1924, en España, de 66.686,768 litros, según las estadísticas oficiales.

(4) El alcohol absoluto produce 7,113 calorías por kilógramo.

(5) Hay quien estima que la generalización del empleo del gas pobre en los camiones, podría producir en Francia una economía anual de 200 a 300,000 toneladas de gasolina.

(1) Los mostos resultantes tienen cerca de 6% de alcohol y pueden obtenerse, por tonelada de madera seca tratada, unos 70 litros de alcohol absoluto, si bien algunos inventores ofrecen un rendimiento de 250 litros o más.

(2) Además se producirá ácidos grasos; especialmente al butírico.

En España don Mariano Fernández Cortés, director de la Estación de Ensayos de Máquinas en la Escuela Especial de Ingenieros Agrónomos, ha hecho ensayos, importantes para la agricultura, con carbón en sustitución de la gasolina, y le he oído decir que si bien "la gasolina da más calor que el carbón vegetal, para igual peso los resultados prácticos son casi iguales", y esto es muy importante donde hay monte bajo y se encuentra facilidad de producir carbón vegetal, debiendo señalar que en España hay provincias en que no saben qué hacer de dicho combustible.

DESTILACION DE MADERA

Llegado a este punto paso a ocuparme de la obtención de combustibles líquidos por destilación de las maderas, cuyo estudio tiene la ventaja de facilitar la comprensión de lo que luego diga sobre la destilación de los carbones minerales.

Para comprender lo que es la destilación de las maderas tenemos que empezar por decir cuál es su constitución. Las maderas están compuestas de dos partes: una que es la resina y cuerpos semejantes, que llamaremos resínicos, sin entrar en su estudio, y otra que no es resina. La que no es resina está compuesta de dos principios: uno que es la celulosa y el otro la lignita; la celulosa suele ir acompañada de paracelulosas, hidrocelulosas y oxixelulosas, las que designaremos en conjunto como compuestos celulósicos, y la lignita y sus similares, que constituyen las materias leñosas. Mientras la celulosa tiene el 40% de oxígeno, la lignita no tiene más que el 26%; es decir, una cantidad de oxígeno comparable a la de los lignitos. He dicho que tenemos que separar el estudio de las resinas del de las maderas, por la semejanza que tiene su destilación con la de los carbones minerales, pues si no hacemos esa separación nos será imposible comprender la manera de formarse los productos que se obtienen por su destilación.

Por la destilación de los compuestos resínicos se obtiene, primero esencia de trementina, que es un carburo no saturado $C_{10}H_{16}$, terpeno, que se oxida y polimeriza formando resina; continuando la calefacción del residuo obtenemos después una esencia de resina y más tarde aceite de resina, que por su composición se parece a los petróleos no saturados, quedando brea como residuo final.

De manera que la serie de productos que se obtienen puede asemejarse a los de destilación de las pizarras bituminosas y no tienen nada que ver con los que se obtienen de la de los carbones. Esta esencia de trementina tiene por principal componente el pineno, que es de donde, por ciertas transformaciones, se obtiene el alcanfor. Pero como en la Naturaleza no hay reglas absolutas para nada, hay una especie de pino, que es el "pinus sabiniana", del cual el producto que se obtiene, en vez de la esencia de trementina, lo constituye casi por completo el eptano (C_7H_{16}), es decir, una gasolina. El aceite producido por la destilación de la resina se emplea para engrase y como aceite de transformadores, y si alguna vez está ácido, lo es por oxidación y por arrastre de resina al obtenerle. Se me había olvidado decir que las resinas son ácidos vegetales y están constituidas principalmente por el ácido abiético, capaz de formar jabones de calidad inferior. De modo que la resina no es un éter, sino un ácido (1).

¿Qué sucede en la destilación de la madera supuesta formada únicamente de celulosas y ligninas? Este es un problema distinto que el de destilar resina. En la destilación de las maderas se obtiene alcohol metílico, productos ácidos, alquitranes fenolados y además un residuo de carbón. Voy a hacer un experimento, que van a preparar mientras sigo hablando, para que vean ustedes de una manera sencilla la transformación de la celulosa del papel de filtro en aceite y el carácter ácido de los gases; pudiendo también reconocerse que esos aceites contienen fenoles, productos que abundan en la destilación de los carbones a baja temperatura, porque las maderas cuando se destilan lo verifican en condiciones semejantes a las que hoy día se practican con lignitos y hullas para obtener combustibles líquidos parecidos a los petróleos.

Sobre el corto mango de esta pipa de vidrio se ajusta un tubo formado por una hoja de papel de filtro arrollada varias veces sobre sí misma. Este tubo, de unos 20 centímetros de largo, debe ir cerrado por el extremo opuesto a la pipa, plegándolo debidamente sobre sí mismo, y por medio de un alambre de hierro en forma de espiral se le sujeta al mango

(1) En España, según las estadísticas oficiales, en 1922-23, la producción de resina bruta fué de cerca de 20,000 toneladas; la de aguarrás, de 3,046 toneladas y de 10,850 la de colofonia.

de la pipa al mismo tiempo que le sirve de sostén durante la combustión. La boca de la pipa va a su vez cerrada por un tapón de corcho provisto de un orificio central, al cual se ajusta un tubo chimenea en el que se coloca una tira de papel reactivo, al naranja de metilo coloreado en amarillo mediante vapores de amoníaco.

Dispuesto así el aparato, si prendemos fuego al papel por la parte más lejana a la pipa, veremos llenarse ésta de humos blancos, de los que una parte se condensa en forma de aceite y el resto sale por la chimenea. Estos gases son muy ricos en anhídrido carbónico, lo cual se debe especialmente a que la destilación se verifica aquí como en los montones, en contacto del aire. Ahora bien; como el papel de naranja de metilo es insensible al ácido carbónico, el enrojecimiento del mismo, que se observa si la operación se ha conducido bien, es debido a los vapores de ácidos orgánicos (fórmico, acético, etc.)

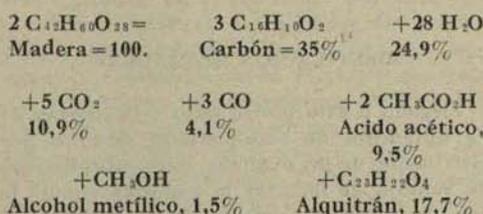
Si el aceite recogido lo disolvemos en un poco de alcohol, al que colorea en amarillo, y añadimos a esta solución unas gotas de otra acuosa de cloruro férrico, veremos producirse una coloración oscura, como ocurre en iguales condiciones con una mezcla de fenoles.

He hecho este experimento para que vean ustedes cómo con medios sencillos y sin artificios complicados puede uno darse cuenta de la transformación de la celulosa desengrasada y pura por destilación pirogenada. Esta destilación se hace a baja temperatura para facilitar la formación de productos que se descompondrían a temperatura más elevada, recogiéndose los productos ya indicados, y luego de los alquitranes, tratados por un álcali, se obtienen creosotas y un aceite que más o menos refinado constituye el aceite de madera, al que no hay que confundir con el de resina.

Describamos ahora el proceso de la destilación de la madera rica en celulosa. Conducida esta operación lentamente y después de desecarse la madera, empieza la destilación hacia los 200°, que se activa bruscamente a una temperatura comprendida entre 275 a 300°, verificándose entonces una reacción muy interesante con gran desprendimiento de agua y gases. La explicación de este hecho es la siguiente: como en la composición de la celulosa entran por 60% de su peso los elementos del agua, no directamente combinados entre sí, cuando parte de esta agua se separa con cierta cantidad de óxido

de carbono y anhídrido carbónico se produce un gran desarrollo de calor, por ser muy exotérmicos estos tres compuestos, originándose un aumento brusco de temperatura que le hace alcanzar unos 50° más, según Palmer, que el manantial que produce su calefacción. Continuando la destilación se obtienen los productos ya indicados, dándose por terminada a unos 400° la destilación de la madera.

La siguiente ecuación de descomposición, debida a Ullmann, da una idea del referido proceso de destilación de la madera:



COMBUSTIBLES LIQUIDOS DE ORIGEN MINERAL (ORGANICO E INORGANICO)

Voy a hablar ahora de los petróleos. Los petróleos se encuentran nativos en la naturaleza y se extraen por medio de agujeros de sonda, pozos, o, en ciertos casos, de exudaciones. Son productos que presentan, generalmente, el aspecto de betunes; pero en algunos casos se encuentran en tal estado de pureza, que constituyen verdaderos petróleos lampantes que pudieran emplearse desde luego para quemar en una lámpara sin necesidad de refino.

En España el petróleo de Huidobro, que sólo destila sobre 280°, se halla en el primer caso, y se aproxima al segundo el de Villamartín, que presenta el aspecto de vino de Jerez.

Según Day, el análisis inmediato de dos muestras de este último, es como sigue:

Gasolina (0 a 150° C).....	27,5	19
Keroseno (150 a 300° C).....	53,0	60
Residuo.....	18,4	21,8
	98,9	100,8
Parafina en el residuo...	2,52	3,20

CONSTITUCIÓN DE LOS PETROLEOS

Los petróleos están formados por carburos de hidrógeno, pero la composición de éstos es variable. Hay en realidad cuatro clases

principales de hidrocarburos en los petróleos naturales, a saber: los hidrocarburos saturados de la serie forménica o "parafinas"; los no saturados, de la serie etilénica u "olefinas"; los "ciclanos" (cíclicos saturados) o

"naftenos" y los hidrocarburos aromáticos (bencénicos, naftalénicos y antracénicos).

En los siguientes cuadros se indican los carburos más característicos de cada uno de estos cuatro grupos:

PARAFINAS (Cn H2n+2)

Fórmula	NOMBRES	T. F.	T. E.	P. E.	Observaciones.		
			a 760 mm.				
CH ⁴	Metano.....		-164°C		Gaseosos a la temperatura y presión ordinarias.		
C ² H ⁶	Etano.....		- 93°				
C ³ H ⁸	Propano.....		- 37°				
C ⁴ H ¹⁰	Butano (normal).....		+ 1°				
	Idem (iso).....		- 17°				
C ⁵ H ¹²	Pentano n....		+ 38°	0,626	a 17° C.		
C ⁶ H ¹⁴	Exano n.....		+ 71°	0,663	Idem.		
C ⁷ H ¹⁶	Eptano.....	Gasolinas.....	+ 99°	0,697	19° C.		
C ⁸ H ¹⁸	Octano n.....		-51°	+125°	0,718	0° C.	
C ⁹ H ²⁰	Nonano n....		-32°	+149,5°	0,733	Idem.	
C ¹⁰ H ²²	Decano n....		Petróleo lampante	+22,50	+173°	0,746	Idem.
C ¹⁷ H ³⁶	Eptadecano..				303°	0,776	a T. F.
			a 15 mm.				
C ²⁰ H ⁴²	Eicosano.....	Parafinas.....	+36,7°	205°	0,778	Idem.	
C ²³ H ⁴⁸	Tricosano.....		+47,7°	234°	0,778	Idem.	
C ²⁴ H ⁵⁰	Tetracosano.....		+51,1°	243°	0,778	Idem.	
C ²⁴ H ⁵⁰	Pentatriacontano		+74,7°	331°	0,782	Idem.	

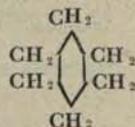
OLEFINAS (Cn H2n)

Fórmula	NOMBRES	T. F.	T. E.	P. E.	Observaciones
			a 760 mm.		
C ² H ⁴	Etileno.....		- 105°		A la temperatura y presión ordinarias. Gaseosos.
C ³ H ⁶	Propileno.....		- 48°		
C ⁴ H ⁸	Butileno n....		- 5°		
C ⁵ H ¹⁰	Amileno n....		+ 37°		Líquidos.
C ⁶ H ¹²	Exileno n....		+ 68°		
C ⁷ H ¹⁴	Eptileno n....		+ 98°		
C ⁸ H ¹⁶	Octileno n....		+ 125°		
C ⁹ H ¹⁸	Nonileno n....		+ 43°		
C ¹⁰ H ²⁰	Decileno n....		+ 172°		
C ¹¹ H ²²	Undecileno n....		+ 195°		
			a 15 mm.		
C ¹² H ²⁴	Duodecileno.....	-31,5°	96°	0,795	Sólidos.
C ¹⁴ H ²⁸	Tetradecileno.....	-12°	127°	0,794	
C ¹⁶ H ³²	Exadecileno (Centeno).....	+ 4°	154°	0,792	
C ²⁷ H ⁵⁴	Ceroteno.....	+58°			
C ³⁰ H ⁶⁰	Melano.....	+62°			

(Pictel considera a este carburo como de le serie nafténica)

NAFTENOS (C_n H_{2n})

Fórmula	NOMBRES	T. F.	T. E.	P. E.	Observaciones
C ₆ H ₁₂	Exanafteno (Cicloexano).....	+6,4°	80,8	0,76	a 0°
C ₇ H ₁₄	Eptanafteno.....		101°		
C ₈ H ₁₆	Octonafteno.....		116—120	0,771	a 0°
C ₉ H ₁₈	Nonafteno.....		135—140	0,781	
C ₁₀ H ₂₀	Decanafteno.....		155—165	0,708	a 16/4°
C ₁₁ H ₂₂	Undecanafteno.....		180—185	0,802	
C ₁₂ H ₂₄	Dodecanafteno.....		196—197	0,812	
C ₁₄ H ₂₈	Tetradecanafteno.....		240—241	0,825	
C ₁₅ H ₃₀	Pentadecanafteno.....		246—248	0,829	

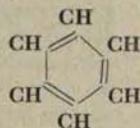


CARBUROS AROMATICOS

Fórmula	NOMBRES	T. F.	T. E.	P. P.	Observaciones
---------	---------	-------	-------	-------	---------------

Bencénicos (C_n H_{2n-6})

C ₆ H ₆	Benceno.....	5,4°	80°	0,880	a 20°
C ₇ H ₈	Tolueno C ₆ H ₅ CH ₃	-93,2°	110°	0,866	Idem.
	o-xileno C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	-28°	142°	0,879	20/4°
C ₈ H ₁₀	m-xileno —.....	-54°	139°	0,865	Idem.
	p-xileno —.....	+15°	138°	0,861	Idem.
C ₉ H ₁₂	Mesitileno C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃		165°	0,863	Idem.
	(1—3—5).....				
C ₉ H ₁₂	Seudocumeno ídem.....		169,8°	0,870	Idem.
	(1—3—5).....				
C ₁₀ H ₁₄	Dureno C ₈ H ₂ (CH ₃) ₄	+80°	195°	0,838	81,3/4°



Naftalénicos

C ₁₀ H ₈	Natfalina.....	+79°	219°	1,145	20/4°
--------------------------------	----------------	------	------	-------	-------

Antracénicos

C ₁₄ H ₁₀	Antraceno.....	+218°	342°	1,25	27/4°
	Fenantreno.....	+99,5°	340,2°	1,025	20/4°

NOTA.—Este cuadro se refiere especialmente a hidrocarburos aromáticos que se encuentran en el alquitrán de alta temperatura, si bien, a excepción de los antracénicos, cuya existencia no se ha comprobado todavía en los petróleos naturales, los demás expresados se encuentran asimismo en algunos de estos petróleos.

Los compuestos parafínicos se encuentran principalmente en los petróleos de los Estados Unidos. Los olefínicos se hallan en muy pequeña cantidad en la naturaleza, pero se producen en la destilación de las pizarras. Estos productos son verdaderos petróleos, algo descompuestos, pues contienen una cantidad considerable de hidrocarburos no saturados; es decir, que absorben el bromo directamente, combinándose con él. De tal modo, que de los obtenidos de las pizarras de Escocia pueden absorber algunos hasta el 47% de su peso de dicho halógeno.

Los naftenos, designados también polimetileno por ser múltiplos del radical CH_2 , derivan de la hidrogenación del núcleo bencénico, siendo el ciclohexano el correspondiente al benceno propiamente dicho. Estos hidrocarburos fueron descubiertos en los petróleos rusos por Markownikow, que demostró que dichos compuestos obraban como carburos saturados y, por tanto, que la cantidad de bromo que consumían era doble que en los etilénicos correspondientes; es decir, con la transformación en ácido bromhídrico de la mitad del bromo absorbido. Luego se vió que estos productos existían también en muchos aceites rumanos y algunos de Pensilvania.

También se ha encontrado, a pesar de las

ideas preconcebidas, que los carburos aromáticos, como el benceno y el tolueno, existían en los petróleos naturales, principalmente en Java y Borneo, y también, en menor proporción, en Rumanía y en Pensilvania, aunque parecía que no debían hallarse en estado nativo, de atribuir al petróleo un origen puramente orgánico. Si nos fijamos en que el alquitrán de hulla no contiene generalmente más de 5% de estos carburos, en total, mientras que las gasolinas de Borneo (según Jones y Wootton) alcanzan hasta el 40% de los mismos, se comprende la importancia del problema desde el punto de vista industrial y que antes de la guerra mundial en Alemania y durante ésta en Rusia y Francia se utilizasen dichos petróleos para la extracción del tolueno (1).

SEPARACION DE LOS DISTINTOS GRUPOS ENTRE SI

Las propiedades físicas de los petróleos ligeros son bastante parecidas en los distintos grupos. En el siguiente cuadro de comparación de las temperaturas de ebullición de los cuatro grupos se ve que las diferencias son relativamente pequeñas y que no permiten hacer la selección por destilación.

COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS DE EBULLICION DE LOS PETROLEOS PARAFINAS, OLEFINAS, NAFTENOS Y BENCENOS

Núm. de átomos de carbono	PARAFINA	T. E.	OLEFINAS	T. E.	NAFTENOS	T. E.	BENCENOS	T. E.
3	Propano...	— 45°	Propileno...	— 48°	Trinafteno...	— 35°		
4	Butano n...	1°	Butileno n...	— 5°	Tetraafteno...	+ 12°		
5	Pentano n...	36°	Amileno...	37°	Pentanafteno...	+ 49°		
6	Exano n...	74°	Exileno n...	68°	Exanafteno...	+ 80,8	Benceno...	80°
7	Eptano n...	99°	Eptileno n...	98°	Eptanafteno...	101°	Tolueno...	110°
8	Octano n...	126°	Octileno n...	125°	Octonafteno...	118°	Xilenos...	140°
9	Nonano n...	150°	Nonileno n...	153°	Nononafteno...	160°	Mesitileno...	165°

La separación de estos distintos petróleos, no siempre fácil, hay que hacerla por otros métodos: unas veces se emplea el ácido sulfúrico, que disuelve a todos menos a los parafínicos, y hecho esto, las otras tres clases de hidrocarburos reunidos se separan entre sí por medios químicos, y otras veces se utiliza el método del profesor rumano Edeleanu,

que emplea en vez del ácido sulfúrico el anhídrido sulfuroso, líquido que tiene propiedades parecidas, pero que aparte de otros inconvenientes tiene la ventaja de que al separarse por evaporación deja, reunidos, sin

(1) De una tonelada de hulla sólo se extraen por destilación, cerca de medio kilogramo de tolueno y poco más de benceno.

combinarse con ninguno de ellos, a los dos grupos de petróleos no saturados que había disuelto. No puedo entrar aquí a explicar los procedimientos químicos a que hay que recurrir para separar unos de otros los petróleos que quedan reunidos.

Para que se den cuenta de la dificultad que en ciertos casos existe para separar determinados productos en estado de pureza, citaré a ustedes el caso del octano (normal), componente de la gasolina ordinaria, que hierve a 125° y del cual estos 10 gramos que existen en el frasquito que estoy mostrándoles han costado 18 pesetas.

En la industria, la principal separación de los petróleos se hace por destilación entre límites fijados de temperatura para obtener, no productos químicos determinados, sino productos comerciales, que se ajusten a determinadas condiciones especificadas de densidad, temperaturas de inflamación o fusión, viscosidad, etc.

La práctica del análisis inmediato de los petróleos por destilación ocurrió después que la de los alquitranes procedentes de la destilación del carbón para hacer coke y gas de alumbrado. Ahora bien: como estos alquitranes son productos de reacciones a temperatura elevada, pueden luego redestilarse sin descomposición apreciable. Basados en estos resultados pretenden algunos destilar de igual manera los petróleos, y si bien la destilación hecha en el Laboratorio por distintos experimentadores en aparatos semejantes y conduciendo la calefacción de igual modo pueden concordar en sus resultados, éstos no se ajustan a la realidad, pues los petróleos calentados sobre 300° se descomponen en mayor o menor proporción, que es lo que constituye el "cracking".

Esto que aquí digo es muy fácil de comprobar experimentalmente. En efecto, si calentamos en el aparato clásico de Engler un petróleo bruto ordinario, recogeremos primero los productos que destilan hasta 150°, que son las gasolinas; luego, los que destilan entre 150 y 300, que corresponden a los petróleos lampantes o kerosenos; pero si seguimos elevando la temperatura, recogeremos productos, a veces de muy buen aspecto, que al principio transparentes, se oscurecen a los pocos días abandonados al aire. Si el producto procedente de destilar sobre 300°, los dos tercios por ejemplo, de lo que quedó en el matraz a 300° lo introducimos en otro matraz limpio y calentamos como anteriormente, veremos que el producto que antes

sólo destilaba sobre 300° empieza a hacerlo a más baja temperatura, recogiéndose de él gasolinas y petróleos lampantes, es decir, productos que no contenía, lo cual nos demuestra la descomposición ocurrida.

Para poder destilar los petróleos sin descomposición hay que hacerlo, como en la industria, a baja presión y con vapor o solamente con vapor, operación que para realizarla en el Laboratorio necesita un personal experimentado en regular la calefacción, la producción de vapor y el grado de vacío.

DESTILACION DE PIZARRAS Y CARBONES.—DIFERENCIA ENTRE AMBOS CASOS.

Ya he dicho antes que la destilación de las pizarras es semejante, en líneas generales, a la destilación de las resinas de la madera. Estas dan como producto hidrocarburos parecidos al petróleo, y con aquéllas ocurre cosa parecida. Dichos petróleos pertenecen a los no saturados de la serie etilénica. La destilación clásica de las pizarras de Escocia se hace con beneficio industrial, si no siempre muy grande, al menos con beneficio, lo que no ocurre generalmente con la destilación gradual de carbones a baja temperatura.

Al destilar pizarras no se pretende aprovechar un residuo, como no sea el silicato aluminico cálcico, que puede utilizarse a bajo precio para fabricar cementos; es decir, que el que destila pizarras ya sabe a lo que va: a obtener petróleos mejores o peores, utilizando los gases combustibles desprendidos en la destilación sin dar valor al residuo.

Cuando se destilan carbones el problema es más complejo, porque, en términos generales y con los procedimientos conocidos, si la destilación de carbones ha de dar resultados con beneficio industrial, a menos que el carbón que se destila cueste muy barato, o rinda tantos aceites como una buena pizarra, será menester que se aprovechen las tres clases de productos que se originan, y si no, no. Estos productos son los gases, los alquitranes y el semicoque.

Antes de entrar a estudiar el proceso de la destilación a alta temperatura, creo necesario decir algo sobre la composición de los carbones. Los carbones proceden, como hemos dicho, de la transformación de los vegetales; son la madera transformada. Como la celulosa se destruye por fermentación, se admite hoy, generalmente, que el carbón mineral no procede directamente de la celulosa, ya

que ésta desapareció por fermentación, sino que deriva de la lignina (1), la que tiene una composición parecida al lignito. Es decir, que en las turbas todavía encontramos celulosa, pero en los lignitos ya ha desaparecido aquélla casi por completo.

Si queremos ver cómo se ha podido hacer esta transformación, sin hacer intervenir fermentaciones, tenemos que pensar en el empleo de elevadas presiones y temperaturas. El experimento clásico que Bergius hizo en 1913, con carácter científico, fué someter la celulosa "rodeada de agua" a presiones de alrededor de 90 atmósferas y 300°, consiguiendo transformar dicho cuerpo en un combustible poroso y deleznable de composición comparable a la de la hulla grasa (84 por 100 C y más de 4,5% H) (2).

Conviene fijarse en lo delicado de esta operación. La celulosa entre los 275° y 300° experimenta una especie de descomposición explosiva; para que ésta no se verifique hay que envolverla en una gran masa de agua que absorba el calor de la reacción e impida dicha descomposición brusca, transformándose entonces en carbón de los caracteres indicados.

Por otra parte, los vegetales de donde, como he dicho, proceden los carbones, contenían resina, y aunque la mayor parte de ésta se fuera a concentrar en las pizarras bituminosas, todavía quedó algo retenida en los carbones. Tanto es así que es posible extraerla de éstos, al menos parcialmente, por disolventes, y el profesor W. A. Bone ha extraído de la hulla, mediante una mezcla de piridina y alcohol amílico, una resina que ha designado por el nombre de "reseno" y que funde a 42°.

En el cuadro que sigue se indica la composición de varios carbones minerales y de los productos de que derivan, así como de tres resinas: el reseno, una resina actual (ácido abiético) y otra fósil (ámbar). Para poder hacer comparaciones debemos decir que si la composición de la resina (fósil de la hulla) se asemeja a la del ámbar (que sólo se disuelve 10% en alcohol), parece probable que el reseno sólo represente la parte soluble de la resina de la hulla, ya que generalmente las resinas más solubles funden a más baja temperatura y la de fusión del reseno es bastante baja para pensar en otra cosa.

COMPOSICION ELEMENTAL DE VARIOS COMBUSTIBLES EN 100 PARTES

NOMBRE	Fórmula	Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno	Nitrógeno.	Azufre	Cenizas.	T. F.	AUTOR
Celulosa.....	$C^6H^{10}O^5$	44,4	6,2	49,4					
Madera seca (media).....		48,5	6,0	43,5	0,5		1,5		Butterfield. Idem.
Turba seca.....		58,0	6,3	30,8	0,9	Indicios	4,0		
Lignina.....	$C^{40}H^{42}O^{12}$ (del abeto)	67,3	5,9	26,8					
Lignito.....		67,0	5,1	19,5	1,1	1,0	6,3		Idem.
Hulla.....		77,0	5,0	7,0	1,5	1,5	8,0		Idem.
Antracita.....		90,0	2,5	2,5	0,5	0,5	4,0		Idem.

RESINAS

Acido abiético..	$C^{19}H^{28}O^2$	79,25	9,75	11,0				155-158°C	
Reseno.....		81,92	9,50	8,58				42° C.	W. A. Bone.
Ambar.....	$C^{20}H^{16}O$	79,00	10,5	10,5				350°	Schrorte.

(1) No hay que olvidar que la lignina puede considerarse, desde el punto de vista de su composición elemental, como un producto de deshidratación de la celulosa.

(2) Este carbón, calentado bajo presión, se hacía compacto y destilando gases combustibles podía aumentar su carbono hasta 90%. (Véase O. Simmerbach, "La Chimie du Coke", pág. 11).

Por lo expuesto se deduce que al considerar un carbón desde el punto de vista de los combustibles líquidos extraíbles por destilación, debemos tener presente que de los más resinosos podremos extraer productos más parecidos a los petróleos naturales que de aquellos carbones ricos en materias celulósicas, leñosas o sus derivadas.

(Continuará).

COTIZACIONES

PLATA

DIAS	Londres 2 meses onza standard, peniques	Valparaíso kilo fino \$
Julio 5.....	\$ 34.59	\$ 150.39
» 19.....	\$ 34.40	\$ 149.56

COBRE

QUINCENAL EN CHILE

DIAS	A BORDO \$ POR qq. m.		
	Barras	Ejes 50%	Minerales 10%
Julio 5.....	\$ 222.05	97.08 con escala 222 cents.	11.67 ¹ / ₂ con escala 126 ³ / ₄ cents.
» 19.....	\$ 222.54	97.34 con escala 222 cents.	11.70 con escala 127 cents.

SEMÁNAL EN NEW YORK

DIAS	Centavos por libra	DIAS	Centavos por libra
Julio 7.....	14.75	Julio 19.....	14.75
» 12.....	14.75	» 26.....	14.75

DIARIA EN LONDRES

DIAS		£ por tonelada		DIAS		£ por tonelada	
		Contado	3 meses			Contado	3 meses
Junio	22.....	63. 1.3	63. 1.3	Julio	9.....	62.15.0	62.17.6
»	25.....	63. 2.6	63. 2.6	»	10.....	62.17.6	63. 2.6
»	26.....	62.18.9	62.18.9	»	11.....	63. 1.3	63. 6.3
»	27.....	63. 2.6	63. 2.6	»	12.....	62.16.3	63. 2.6
»	28.....	63. 1.3	63. 2.6	»	13.....	62.18.9	63. 5.0
Julio	2.....	63. 3.9	63. 3.9	»	16.....	62.17.6	63. 3.9
»	3.....	63. 0.0	63. 2.6	»	17.....	62.16.3	63. 2.6
»	4.....	63. 2.6	63. 3.9	»	18.....	62.18.9	63. 5.0
»	5.....	63. 0.0	63. 2.6	»	19.....	63. 0.0	63. 6.3
»	6.....	62.15.0	62.17.6				

VALOR DE LA LIBRA ESTERLINA

DIAS		\$ por £	DIAS		\$ por £
Junio	22.....	39.49	Julio	7.....	39.63
»	23.....	39.50	»	9.....	39.66
»	25.....	39.52	»	10.....	39.59
»	26.....	39.53	»	11.....	39.54
»	27.....	39.55	»	12.....	39.58
»	28.....	39.59	»	13.....	39.62
»	30.....	39.57	»	14.....	39.62
Julio	2.....	39.56	»	16.....	39.63
»	3.....	39.58	»	17.....	39.66
»	4.....	39.63	»	18.....	39.66
»	5.....	39.70	»	19.....	39.66
»	6.....	39.60			

SALITRE

Julio 5.

En la reunión que tuvo lugar hoy, el Directorio de la Asociación de Productores de Salitre decidió aceptar las bases de proyecto de la comisión que había sido nombrada para el proyecto de centralización, los términos y condición del nuevo proyecto serán publicados después que el Gobierno haya dado su aprobación.

El mercado ha estado activo durante la pasada quincena, las ventas registradas alcanzan a 55,000 toneladas para todas las entregas, las transacciones registradas para Julio/Agosto a 16/4, Septiembre/Octubre 16/5 y para lotes mensuales 25 Julio/25 Diciembre a 16/6. En calidad refinada solamente se ha vendido un pequeño lote al precio de 16/7. En potásico las ventas para entregas inmediatas son a 16/4 con 2-½ por unidad.

El mercado Europeo ha continuado sin movimiento habiéndose efectuado solamente algunos pequeños lotes para entregas prontas, las cotizaciones son de £ 9.5.0 Bélgica, £ 9.7.6. Holanda y £ 9.14.0 Francia.

El total exportado para Junio fué de 1,138,483 qtls. mét. comparado con 1,519,903 qtls. mét. exportado el mismo mes en 1927.

La producción durante Junio fué de 2,522,891 qtls. mét. con 64 oficinas en trabajo demostrando un aumento de 1,338,276 qtls. mét. comparado con Junio de 1927 cuando solamente había 34 oficinas en trabajo.

El consumo durante Junio se calcula en 1,554,480 qtls. mét. haciendo un total de 25,582,880 qtls. mét. para este año salitrero desde Julio 1927/Junio 1928 lo cual sobrepasa al año salitrero anterior en 7,770,000 qtls. mét.

Las existencias en la costa al 30 de Junio se calculan en 671,500 toneladas, lo cual es 35,000 toneladas menos que en 1927.

La producción y exportación de los primeros seis meses durante los últimos cuatro años se compara como sigue:

	Producción qtls. mét.	Exportación qtls. mét.
1925.	11.744,974	11.893,521
1926.	12.684,813	9.212,207
1927.	5.644,833	8.529,030
1928.	15.030,246	13.363,732

El mercado de fletes por salitre ha continuado activo a través de la quincena, habiéndose efectuado una buena cantidad de negocios. Los vapores de ocasión están siempre escasos; sin embargo, hay más disponibles para embarques durante la estación a precios que no pueden ser aceptados por los exportadores por el momento. El mercado cierra más tranquilo, y menos interés de parte de los embarcadores los cuales muy posiblemente prefieren esperar el resultado final del proyecto de centralización para vender salitre, el cual se está actualmente estudiando por la Asociación de Productores juntamente con el Gobierno.

Para el Reino Unido o Continente un cargamento completo para embarque Julio se cerró a 21/6, con opción puertos del Atlántico Norte de España a 23/- y Alejandría a 25/6 y otro cargamento también para Julio para Norte de España a 24/- con dos puertos de descarga.

Se han registrado los siguientes fletamientos por Líneas de la carrera durante la pasada quincena:

- 1,000 Tons. Julio, 19/6 Amberes-Hamburgo.
- 500 Tons. pronto, 16/- Rotterdam solamente.
- 500 Tons. pronto, 17/- Amberes-Hamburgo.
- 500 Tons. pronto, 17/6 Havre/Hamburgo.
- 1,000 Tons. 10 Julio/10 Agosto, 18/- Havre-Hamburgo.
- 3,000 Tons. 25 Julio/25 Agosto, 19/- Havre-Hamburgo.
- Opción, 2/6 extra Scandinavia.
- 2,000 Tons. 15 Agosto/15 Septiembre, 19/- Amberes/Hamburgo.
- 2,000 Tons. 15 Agosto/15 Septiembre, 20/- Amberes/Hamburgo.
- 1,000 Tons. 15 Septiembre/15 Octubre, 20/- Amberes/Hamburgo.
- 1,500 Tons. 15 Julio/15 Agosto, 18/9 Amberes, Rotterdam, Amsterdam y Hamburgo.
- 2,000 Tons. Septiembre, 25/- Amberes-Hamburgo.

2,000 Tons. Noviembre, 25/- Amberes-Hamburgo.

2,000 Tons. Diciembre, 25/- Amberes/Hamburgo.

2,000 Tons. mensuales Septiembre 28 a Marzo 1929, 25/- Havre, Dunkirk, Amberes y Rotterdam.

Para Estados Unidos Galveston/Boston un vapor de ocasión para embarque durante Julio se colocó a 4.25 dólares con dos puertos de descarga. Las Líneas de la carrera han aceptado 4 dollars para embarque pronto para Nueva York directamente, y posiblemente aceptarían el mismo tipo para Julio y Agosto. Para la costa Occidental de Norte América el mercado cierra sin cambio.

Julio 19.

El Directorio de la Asociación de Productores de Salitre ha tenido varias reuniones para discutir las condiciones de la centralización de las ventas, pero aunque la mayoría ha aprobado el proyecto de la comisión que se nombró, no se ha llegado a una decisión final, habiéndose convenido otra reunión para la próxima semana.

Una considerable cantidad de salitre ha cambiado de manos durante la pasada quincena y se han vendido más o menos unas 70,000 toneladas al precio de 16/4 para Julio-Agosto, 16/5-1/2 para Agosto/Noviembre por quintal métrico, en calidad refinada se han efectuado transacciones para Julio a 16/6 por 96% con 1-1/2% de sal, y un lote Septiembre-Diciembre a 16/11 por 97% con 1% de sal.

El mercado Europeo continúa tranquilo con pocas ventas para entregas inmediatas a £ 9.5.0 Bélgica, £ 9.7.6 Holanda y £ 9.14.0 Francia.

Lo exportado durante la primera quincena de Julio fué de 874,802 qtls. mét. comparado con 1.214,711 qtls. mét. durante el mismo período del año 1927.

El total de las ventas para el año salitrero 1927-28 lo cual incluye consignaciones que suben a 3.145,344 qtls. mét. de lo cual 223,704 tons. mét. corresponden a Junio 1927.

Las ventas para el año salitrero 1928-29 suben a 615,305 tons. mét.

La actividad en el mercado de fletes por salitre, a que nos referíamos la semana pasada, se ha mantenido y los exportadores han estado contratando espacio con líneas de la carrera para embarques pronto a precios convenientes. El mercado por el momento está muy firme con interés de parte de los embarcadores;

y los armadores se están manteniendo en la expectativa de una alza en los precios que parece que pronto se verá. Otro factor a favor es que pronto vendrá cierta demanda por espacio desde el Perú para embarcar azúcar por lo cual se paga mejor precio que los que actualmente rigen por salitre. Para posiciones más adelante los armadores se están absteniendo de ofrecer también en la esperanza de conseguir mejor precio más tarde.

Para el Reino Unido o Continente no se registran negocios por cargamentos completos, y los vapores de ocasión para embarcar durante Julio/Agosto son escasos debido a que consiguen de 21/- a 22/- por cereales en Río de la Plata, pero más tarde es muy probable que se tientes con los fletes por salitre y lleguen hasta aquí. Los siguientes fletamentos se registran haberse efectuado por líneas de la carrera.

1,800 Tons. Julio, 18/6 Havre, Dunkirk, Amberes, Rotterdam.

4,000 Tons. 10 Julio/30 Julio, 20/- Burdeos-Hamburgo.

2,000 Tons. Julio, 18/- Amberes/Hamburgo.

4,000 Tons. 15 Julio/15 Agosto, 17/6 Amberes, Rotterdam, Amsterdam y Hamburgo.

2,000 Tons. 20 Julio/20 Agosto, 18/- Havre, Dunkirk, Amberes y Rotterdam.

CARBON

Julio 5.

Parte de un cargamento de West Hartley salida esperada en Octubre fué colocado al precio de 27/- para dos puertos salitreros.

Las cotizaciones libres de derechos de internación son como sigue:

Cardiff Admiralty List	32/6 a 34/-
West Hartley	28/6 a 29/-
Pocahontas o New River	34/- a 35/-
Australiano, la mejor clase	45/- a 45/6

todos para salida Mayo/Junio según condiciones, cantidades y puertos.

En carbón Nacional la demanda ha continuado habiéndose vendido varios lotes para

puertos salitreros. El actual precio de venta es de \$ 74.— a \$ 78.— m/c. por harneado y de \$ 64.— a \$ 68.— por sin harnear f. o. b. según la cantidad y puerto de descarga.

Julio 19.

Se han revendido varios pequeños lotes de Hartley Steam salidas Octubre para Iquique de 28/6 a 29/-.

Las cotizaciones libres de derechos de importación son como sigue:

Cardiff Admiralty	32/6 a 34/-
West Hartley	28/6 a 29/-
Pocahontas o New River	34/- a 35/-
Australiano, la mejor clase	45/- a 45/6

todo para salida Mayo/Junio según condiciones, cantidades y puertos.

Ha continuado la demanda en carbón Nacional habiéndose vendido varios lotes para puertos salitreros. El actual precio de venta es de \$ 74.— a \$ 78.— m/c. por harneado y de \$ 64.— a \$ 68.— por sin harnear puesto a bordo según la cantidad y puerto de descarga.

2,000 Tons. 25 Julio/10 Agosto, 18/- Amberes-Hamburgo.

1,500-2,000 Tons. 1.º al 31 Agosto, 19/- Havre/Hamburgo opción 21/6 puerto Escandinavo.

5,000 Tons. 1.º Agosto/25 Agosto, 24/3 Génova directo.

Para Estados Unidos Galveston/Boston se registra otro cargamento completo para embarque fines de Julio o principios de Agosto con un puerto de descarga al precio de 4.25 dollars, con opción de dos puertos a 4.45 dollars. Las Líneas de la carrera han cerrado pequeños lotes desde \$ 4.00 dollars a 4.25 dollars para New York directamente, y se están manteniendo actualmente en este último precio para Agosto y Septiembre. Para la costa Occidental de Norte América la tarifa de las líneas de la carrera por salitre será de \$ 4.00 dollars a contar del 1.º de Septiembre para cualquier puerto entre San Pedro y Puget Sound.

ESTADISTICA DE METALES

Precio medio mensual de los metales:

PLATA

	Nueva York		Londres	
	1927	1928	1927	1928
Enero.....	55.795	57.135	25.863	26.313
Febrero.....	57.898	57.016	26.854	26.205
Marzo.....	55.306	57.245	25.655	26.329
Abril.....	56.399	57.395	26.136	26.409
Mayo.....	56.280	60.298	26.072	27.654
Junio.....	56.769	60.019	26.203	27.459
Julio.....	56.360	59.215	25.983	27.262
Agosto.....	54.718	—	25.224	—
Septiembre.....	55.445	—	25.565	—
Octubre.....	56.035	—	25.776	—
Noviembre.....	57.474	—	26.526	—
Diciembre.....	57.957	—	26.701	—
Año, término medio.....	56.370	—	26.047	—

Cotizaciones de Nueva York: centavos por onza troy: fineza de 999, plata extranjera. Londres: peniques por onza, plata esterlina: fineza de 925.

COBRE

	Nueva York Electrolítico		Standard		Londres Electrolítico	
	1927	1928	1927	1928	1927	1928
Enero.....	12.990	13.854	55.414	61.912	62.375	66.557
Febrero.....	12.682	13.823	54.438	61.670	61.119	66.381
Marzo.....	13.079	13.845	55.935	61.148	62.641	66.443
Abril.....	12.808	13.986	55.056	61.678	61.526	66.500
Mayo.....	12.621	14.203	54.563	62.554	60.881	67.216
Junio.....	12.370	14.527	54.030	63.664	59.881	68.738
Julio.....	12.532	14.527	54.551	62.881	60.089	68.670
Agosto.....	12.971	—	55.364	—	62.227	—
Septiembre.....	12.940	—	54.455	—	61.830	—
Octubre.....	12.958	—	55.119	—	62.256	—
Noviembre.....	13.319	—	58.830	—	63.761	—
Diciembre.....	13.744	—	60.078	—	66.181	—
Anual.....	12.920	—	55,653	—	62,064	—

Cotización de Nueva York, centavos por lb.—Londres £ por ton. de 2,240 lbs.

PLOMO

	Nueva York		Londres		A 3 meses	
	1927	1928	1927	1928	1927	1928
Enero.	7.577	6.500	27.485	21.773	27.786	22.213
Febrero.	7.420	6.329	27.344	20.283	27.781	20.747
Marzo.	7.577	6.000	27.845	19.938	28.302	20.352
Abril.	7.126	6.100	26.546	20.306	27.053	20.563
Mayo.	6.616	6.123	25.054	20.483	25.526	20.813
Junio.	6.414	6.300	24.438	20.985	24.750	21.211
Julio.	6.344	6.220	23.491	20.602	23.932	20.957
Agosto.	6.681	.....	23.119	.....	23.540	.....
Septiembre.	6.297	.....	21.446	.....	21.994	.....
Octubre.	6.250	.....	20.479	.....	20.946	.....
Noviembre.	6.259	.....	20.889	.....	21.318	.....
Diciembre.	6.504	.....	22.163	.....	22.441	.....
Anual.	6.755	.....	24.192	.....	24.614	.....

Cotización de Nueva York, centavos por lb.—Londres £ por ton. de 2,240 lbs.

ESTAÑO

	Nueva York		Straits		Londres	
	99% 1927	1928	1927	1928	1927	1928
Enero.	64.785	55.185	66.415	55.650	297.804	253.222
Febrero.	66.528	51.793	69.142	52.440	306.125	233.833
Marzo.	67.833	51.630	69.199	52.220	313.315	232.722
Abril.	66.069	.....	67.933	52.270	302.572	234.204
Mayo.	63.935	.....	67.510	51.582	294.938	230.886
Junio.	64.226	.....	67.466	47.938	296.006	217.280
Julio.	62.625	.....	64.110	47.040	288.690	212.449
Agosto.	63.523	.....	64.431	.....	293.193	.....
Septiembre.	60.735	.....	61.490	.....	280.432	.....
Octubre.	57.560	.....	58.450	.....	264.631	.....
Noviembre.	57.089	.....	57.641	.....	262.591	.....
Diciembre.	58.053	.....	58.452	.....	267.138	.....
Anual.	62.747	.....	64.353	.....	288.953	.....

Cotización de Nueva York, centavos por lb.—Londres £ por ton. de 2,240 lbs.

ZINC

	St. Louis		Londres		A 3 meses	
	1927	1928	A la vista 1927	1928	1927	1928
Enero.	6.661	5.643	30.979	26.125	30.938	26.051
Febrero.	6.673	5.551	29.931	25.518	30.109	25.506
Marzo.	6.692	5.624	30.649	25.082	30.889	24.972
Abril.	6.338	5.759	29.579	25.493	29.901	25.316
Mayo.	6.075	6.026	29.034	26.102	29.131	25.756
Junio.	6.213	6.158	28.598	25.664	28.613	25.429
Julio.	6.229	6.201	28.280	24.946	28.021	24.972
Agosto.	6.342	.....	28.210	.....	28.068	.....
Septiembre.	6.212	.....	27.347	.....	27.327	.....
Octubre.	5.996	.....	26.899	.....	26.634	.....
Noviembre.	5.745	.....	26.281	.....	26.006	.....
Diciembre.	5.722	.....	26.363	.....	26.109	.....
Anual.	6.242	.....	28.513	.....	28.479	.....

Cotización de St. Louis, centavos por lb.—Londres. £ por ton. de 2,240 lbs.

Producción mensual de cobre crudo. Tons. cortas.

	1928					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Alaska.	2,084	908	3,495	2,084	1,767	2,351
Butte & Superior.	—	—	+ 205	—	—	128
Calumet & Arizona.	2,066	2,041	2,019	2,102	2,726	1,991
Magma.	1,300	1,398	1,346	1,525	1,451	1,593
Miami.	1,963	1,955	2,029	2,092	2,185	2,055
New Cornelia.	3,672	3,267	3,318	3,224	2,924	3,050
Nevada Con.	—	—	+ 26,288	—	—	—
Old Dominion.	996	992	1,009	988	1,010	882
Phelps Dodge.	8,273	7,331	7,803	8,334	8,083	8,887
United Verde Extensión	1,633	1,624	1,699	1,604	1,724	1,670
Utah Copper.	—	—	27,810	—	—	—
Tennessee Copper.	510	514	596	526	582	527

EXTRANJERO

Boleo, Méjico.	1,068	1,262	1,130	1,012	953	882
Furukawa, Japón.	1,548	1,563	—	—	—	—
Granby Cons., Canadá.	2,305	2,155	2,326	2,406	2,505	—
Union Minière, Africa.	10,390	9,590	10,864	10,780	10,689	10,120
Mount Lyell, Aust.	—	—	+ 1,510	—	—	—
Sumitomo, Japón.	1,317	1,381	1,316	1,483	1,475	—
Bwana M'Kubwa.	677	600	533	392	556	—
Braden Copper Co.	8,502	8,504	8,504	8,506	9,544	8,129
Chile Exploration Co.	8,146	8,119	7,854	8,155	8,797	9,785
Andes Copper Mining Co.	2,152	2,152	2,152	2,152	2,816	4,144

Producción comparada de las minas de los Estados Unidos: Tons. cortas

	1926		1927		1928	
	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Enero.	71,026	2,291	76,198	2,458	68,469	2,209
Febrero.	68,131	2,433	69,202	2,772	67,423	2,325
Marzo.	75,728	2,443	69,314	2,236	70,327	2,269
Abril.	73,454	2,448	71,122	2,371	69,230	2,308
Mayo.	73,542	2,372	71,613	2,310	73,279	2,378
Junio.	71,317	2,377	69,539	2,318	70,954	2,365
Julio.	72,228	2,330	65,545	2,114	..	..
Agosto.	72,014	2,323	67,248	2,169	..	..
Septiembre.	72,672	2,421	65,936	2,198	..	..
Octubre.	75,099	2,423	68,595	2,225	..	..
Noviembre.	74,947	2,498	68,080	2,269	..	..
Diciembre.	72,205	2,329	67,377	2,173	..	..
Total.	872,509	..	829,878	..	420,623	..
Promedio mensual.	72,709	..	69,165	..	70,104	..
Promedio diario. . . . .	..	2,390	..	2,274	..	2,311

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SUMARIO

	Pág.
Las perspectivas del platino	431
Los trabajos experimentales recomiendan la reducción de los minerales de estaño con hidrógeno, por C. G. Fink y C. L. Mantell (Continuación)	432
Estudio sobre las leyes sociales.—Memorándum elevado por el Directorio de la Sociedad Nacional de Minería al señor Ministro de Bienestar Social	444
Como ha sido solucionado en Noruega el problema del “fierro esponjoso” especialmente en vista de la utilización de minerales pobres y de menor valor, por E. Edwin, (traducido por O. Peña i Lillo)	454
<i>Sección Carbonera.</i> —Los combustibles líquidos, clasificación y generalidades sobre su constitución y formación, por Enrique Hauser, Profesor de la Escuela de minas de Madrid (Conclusión)	472
Cotizaciones	480
Estadística de metales	484
Mercado de minerales y metales	487
Producción minera	489
