

BOLETIN MINERO

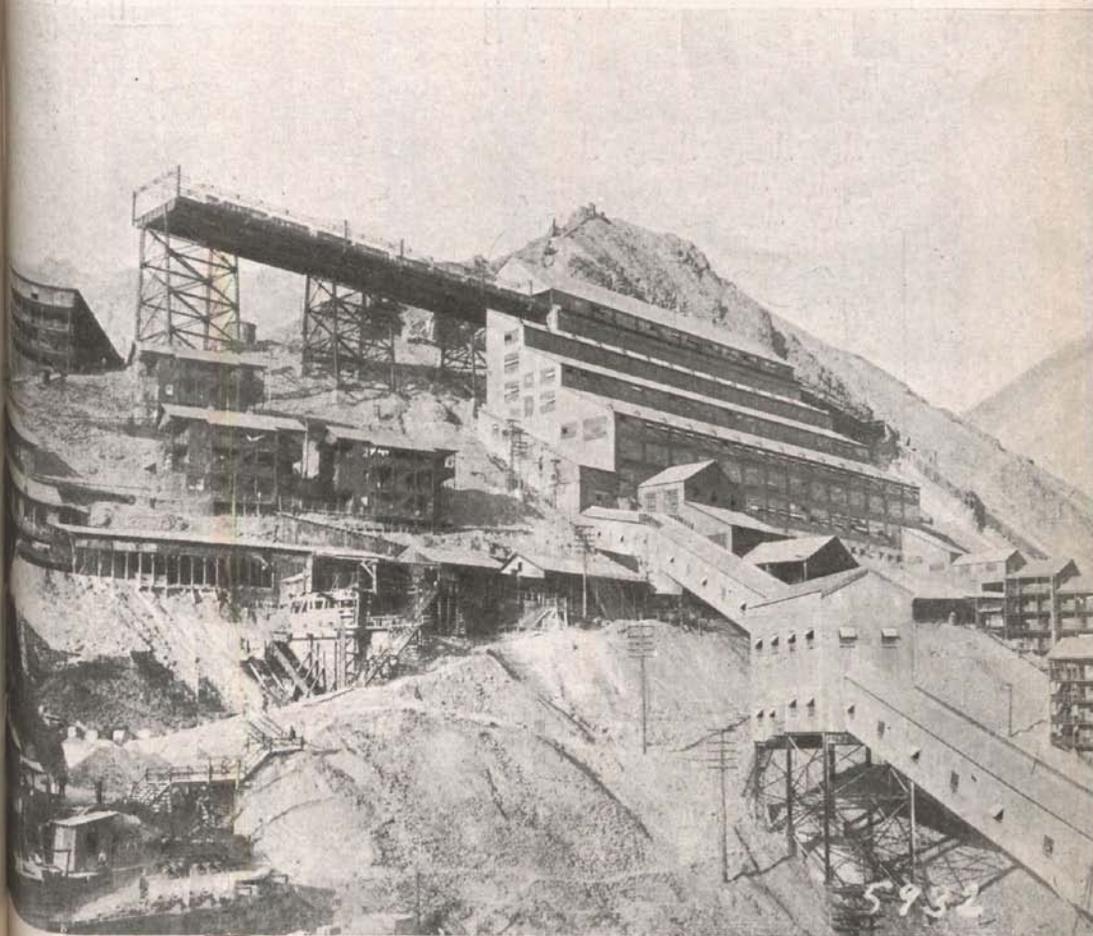


SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA

Año XLIII

Santiago de Chile,
Abril de 1927

Vol. XXXIX
Núm. 336



Vista General de la Planta de Molienda de la Braden
Copper Co. Rancagua. - Chile.

Atlas

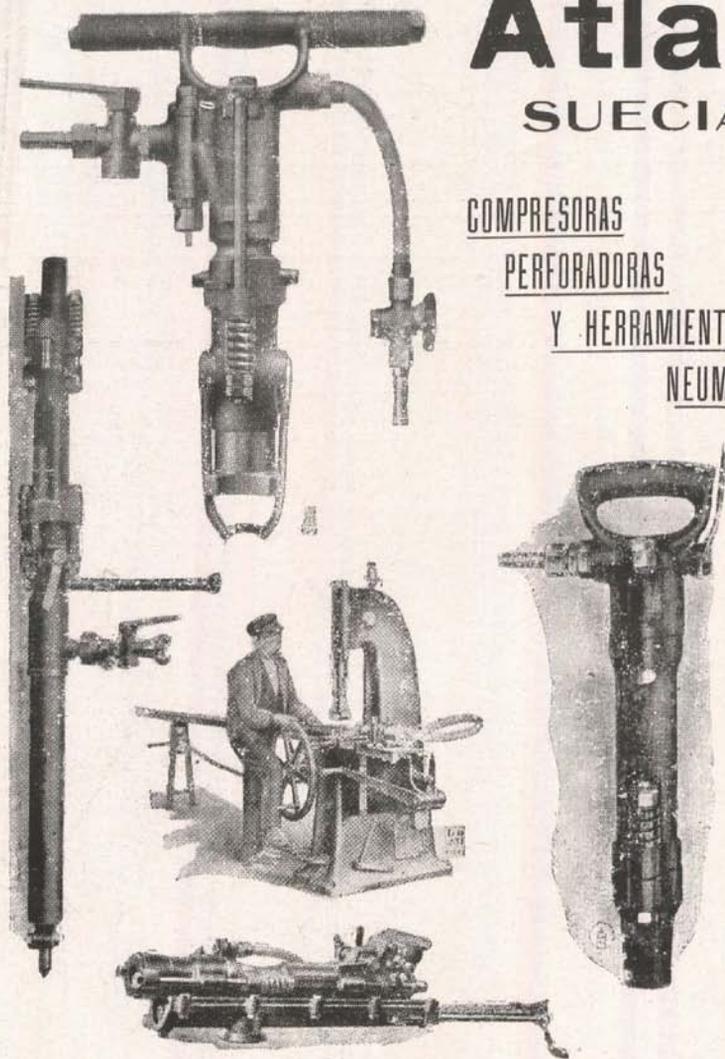
SUECIA

COMPRESORAS

PERFORADORAS

Y HERRAMIENTAS

NEUMATICAS



Compañía Sudamericana **SKF**

ESTADO 50 — SANTIAGO — CASILLA 207.

Al dirigirse a nuestros anunciantes sírvase citar al "BOLETIN MINERO"

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SANTIAGO DE CHILE

Director: Oscar Peña i Lillo

SUMARIO

	Página
Los progresos de la preparación mecánica de los minerales y del carbón en 1925, por Robert H. Richards y Charles E. Locke (continuación)	192
Los magmas metalíferos, por J. E. Spurr (continuación)	203
El mineral de hierro en América del Sur y los yacimientos de Argentina, por Erwin Kittl	207
Los procesos de diferenciación y las teorías magmáticas, por Juan Hereza y Ortuño, Ingeniero de Minas, Madrid	220
SECCIÓN SALITRERA.—El Problema del Nitrógeno, por Francisco Giordani (continuación)	238
Cotizaciones	242
Informaciones de las Compañías Mineras	247
Mercado de Minerales y Metales	249
Estadística de Metales	252

LOS PROGRESOS DE LA PREPARACION MECANICA DE LOS MINERALES Y DEL CARBON EN 1925

POR

ROBERT H. RICHARDS Y CHARLES E. LOCKE

(Continuación)

Espesamiento y decantado.— Ya el año pasado mencionamos el espesador denominado «Superthickener», desarrollado por la Harding Co., como una de las mejores máquinas empleada en esta operación. De él se han seguido haciendo numerosas instalaciones y en la práctica se ha adoptado dar al fondo-filtro de arena, cortes que varían de 1/8 a 1/4 de pulgada, al día; con esto la duración de esta capa se hace llegar de 240 a 480 días. Con un corte de 1/8" la capacidad aumenta a un 130% comparada con la sedimentación ordinaria, y la humedad en el descargue resulta la mitad de lo que anteriormente se obtenía. Si el corte asciende a un espesor de 1/4" la capacidad pasa a 150%, pero la humedad queda más o menos en las mismas proporciones.

También se han usado satisfactoriamente otros espesadores como el «Gentner» y el «Oliver Borden», ambos con bastante éxito.

Se han hecho experimentos con una máquina denominada «Hydro-tator», para espesar polvo de hornos de soplete, llegándose a capacidades de 1,29 galones por minuto, por pie cuadrado de área de asentamiento, produciendo un revese

con sólo 0,97 gramos de sólidos por galón y un descargue con casi 60% de sólidos.

Para el descargue de cualquier clase de espesador se ha diseñado últimamente una válvula automática de densidad, la «Bradley». Es, brevemente dicho, un pequeño cilindro vertical suspendido por uno de sus extremos a un brazo, el cual tiene en el otro un contrapeso. Los sólidos se asientan en el cilindro y van aumentando progresivamente el peso de él, hasta que el contrapeso cede y con ello se abre la válvula cónica del descargue. Una vez que se descarga el peso extra del cilindro y por consiguiente del espesador, la válvula se cierra y no se repite la abertura hasta otro nuevo período.

Los aparatos Dorr continúan manteniendo su posición entre los dispositivos mecánicos. Así últimamente se han instalado varios en Potrerillos, de los cuales, el mayor, el de asentamiento de los relaves de la concentración, tiene 200 pies de diámetro. Todos son del tipo de tracción.

Como una idea muy original, sobre la construcción de tranques para los relaves, mencionaremos el método seguido en la «Old Dominion»,

Arizona. Allí se transportan los relaves por una cañería de 8" y de 3,300 pies de longitud, hasta un clasificador Dorr que se mueve a lo largo del tranque sobre una trocha de rieles y con la descarga de las arenas se hace el muro de retención, mientras que las lamas van al pozo que se forma detrás de este muro.

Escogido a mano, lavado en canaletas, jigs y mesas.—Indudablemente que una gran parte de la maquinaria de esta clase ha pasado, con la disminución del empleo de la concentración gravitacional, a ingresar a los museos.

El escogido a mano sólo se practica en pocos establecimientos modernos y únicamente para separar los trozos gruesos de los pepueños; como ocurre en Coeur d'Alene, con el objeto de emplear los primeros como material de atrición. Algunos autores como Mr. E. R. Woakes han insinuado la idea de abandonar las cintas transportadoras para el escogido, empleando para ello mesas fijas en las cuales se esparce el material para hacer la separación y de éstas recién van a los transportadores. Mayores referencias sobre dicha materia se encuentran en la sección de Molienda que ya hemos dado más adelante.

Las canaletas lavadoras tienen bastante aplicación en las plantas molidoras de cascajo para construcciones, y se usan con el objeto de limpiar este material del barro o arcilla.

En lo que se refiere a los jigs debemos hacer notar que continúan dándoles gran uso en Australia, siendo el jig May uno de los más favorecidos, mientras que el Hancock está en decadencia.

En Joplin, gracias a los estudios

de Coghill y de Anderson, se han introducido innumerables modificaciones ventajosas, demostrando con ello lo mucho que en este sentido se puede hacer. Primeramente los relaves estériles de los jigs contenían 3% de blenda, hoy llevan 2% y se espera reducir esta cifra a 1 1/4 y aún, a 1%. Ahora se sugiere la aplicación de la cinematografía, «Slow-motion», para el estudio del movimiento de los granos en el lecho de los jigs.

El Bureau of Mines, en la estación de Rolla ha ensayado un jig de 10 pies de largo, sin compartimentos o divisiones en celdas, suprimiendo también los revales y caídas que antes existían entre uno y otro. Con esta máquina se han obtenido excelentes resultados, en la separación de caliza y fluorita molidas a 28 mallas, siempre que se tenga un buen harneado en la alimentación.

En vista de su éxito se ha recomendado, esta máquina, para los minerales de zinc de «Tri-State» pero para el mejor trabajo del aparato se requiere un «hutch» simétrico.

También se está empleando el jig Woodbury en la separación del barro y arcilla de las arenas usadas para concreto. (1).

En el lavado de diamantes se ha hecho tipo, la batea rotatoria y lleva ya bastante tiempo de uso, pero no ha logrado extender mucho su empleo. El señor A. V. Eulich ha descrito en detalle estos aparatos y en el principio de su operación, que aplica la fuerza centrífuga en un medio más denso que el agua, para lo cual se agrega algo de barro fino o arcilla. Estas bateas son depósi-

(1) El traductor ha visto emplear, con espléndidos resultados en el lavado de arenas, el clasificador Dorr de rastrillos, durante la construcción de la Planta de Potrerillos.

tos anulares que tienen desde 5 pies hasta 26 de diámetro, y llevan un fondo plano. La alimentación entra tangencialmente en un punto del anillo exterior que está a 10" de altura; los relaves y finos rebalsan por una descarga en el anillo de adentro, que está a 6" de altura. Rastillos gobernados desde el eje central y vertical de la máquina, guían el material pesado hacia afuera, para descargarlo por un pequeño agujero de extracción, situado en la periferia exterior del fondo. El señor Eulich recomienda estos aparatos por su sencillez, transportabilidad, baratura y fácil adaptación, pudiendo en diversos casos reemplazar ventajosamente a los jigs.

Las mesas de concentración continúan cediendo lentamente campo a la flotación, pues se ve que son mejores para recuperar los minerales de alta ley, gruesamente diseminados en las gangas, porque entonces se obtienen ricos concentrados en forma rápida.

La demanda actual parece que se concentra en tipos de ranuras finas y gran velocidad, para tratar materiales de 48, 65 y 100 mallas. Lo cual se explica, por lo menos en parte, en el aumento del empleo de las mesas en limpiar los productos de la flotación, especialmente cuando ésta es diferencial, como ocurre en el caso de sulfuros de plomo-zinc-ferro.

Como novedad sólo podemos anotar las de la Deister Machine Co., con las mesas «Triplez-Rougher», que son tres mesas en serie, combinando así el trabajo de limpieza primaria y de acabado, lo que trae por resultado el reemplazamiento de dos mesas corrientes por una de éstas. En la cabeza del movimiento llevan lubricación automática y el sistema de ranuras está patentado como

«Ranuras de desplazamiento», las cuales consisten en angostos espacios para el mineral entre anchos listones.

También se han ensayado otras modificaciones; como la cubierta de concreto armado, con las ranuras amoldadas en ella, y la mesa denominada de «movimiento recíproco», desarrollada por el Bureau of Mines de U. S. A.

En algunas partes, donde no se puede usar flotación, como es el caso de los minerales de estaño, se continúan aplicando los Vanners; ejemplo de ello es el concentrador Geevor recientemente construido en Cornwall.

Amalgamación, separación magnética y otros procedimientos varios.

En lo que se refiere a la amalgamación, sólo podemos mencionar su continuo decaimiento, por razones que son de sobra conocidas.

La separación magnética no ha hecho considerables progresos.

La protección magnética contra el hierro residual, es un procedimiento universalmente aplicado y ha dado margen para el desarrollo de varios dispositivos, de los cuales podemos citar como los más notables el Separador Roche en húmedo que usa una correa sin fin, con magnetos de polaridad alternadas, lo que produce el paso del mineral formando zig-zag. Este es construido por la Magnetic Manufacturing Co.

Entre las ideas nuevas en estudio, podemos mencionar las investigaciones de la Royal School of Mines de Londres, que está experimentando un separador magnético recto, de mucho mayor capacidad que los co-

rientes, y otro que opera basándose en las diversas cualidades de Histérisis de los diferentes minerales que determinan así una repulsión relativa entre ellos y la consiguiente separación en campos magnéticos alternantes.

Los separadores electrostáticos de Huff han recibido numerosas simplificaciones y mejoras, con ello se produce interés en la aplicación comercial de estas máquinas. Hoy continúan usándose en problemas especiales de separación de minerales combinados de blenda y pirita.

Sobre separación dieléctrica únicamente se puede anotar las experiencias del U. S. Bureau of Mines, hechas en un laboratorio construído especialmente para este objeto y se ha encontrado que este método es excelente como medio para determinar diversos minerales, mediante la medición de las constantes dieléctricas.

También esta repartición está estudiando un concentrador que trabaja según el principio de fuerza centrífuga.

La única aplicación de un método semejante se hace en Nevada, allí se separa de la ganga, el azufre fundido.

Con el descubrimiento de los yacimientos de platino de Sud-Africa, se presenta el problema del tratamiento de éstos, y el señor B. W. Holman además de la aplicación de los métodos corrientes de separación gravitacional, flotación, concentraciones magnéticas, neumática y electrostática, sugiere el empleo de procedimientos tan raros como las separaciones de Histérisis, dieléctrica, cataforesis y electrosmósis.

Por otra parte, en Alemania, el señor G. Spackeler ha desarrollado, en experiencias de laboratorio, un ori-

ginal método para separar ciertos minerales de fierro, de constitución brechosa y oolítica, mediante la aplicación del vacío durante 15 ó 20 minutos y seguida de una inyección de agua a presión, con lo cual se logra la desintegración del mineral.

Flotación

Durante el año transcurrido la flotación ha continuado extendiendo su campo de aplicación, pero no se ha alcanzado aún su completa perfección y solamente muy pocos puntos se han aclarado.

Se puede disponer, en la actualidad, de abundantes informaciones sobre cada una de las modificaciones introducidas, especialmente en lo que se refiere a la flotación diferencial.

Daremos a continuación algunas referencias sobre su aplicación a diversas clases de minerales.

Minerales de oro.—En Kalgoorlie se ha aplicado satisfactoriamente a los minerales piritosos allí existentes, y se obtiene una extracción del 95% del oro. Pero parece que ha sido bien demostrado, que en el actual estado de la flotación, no es éste un procedimiento que pueda aplicarse económicamente a los minerales de oro de Sud-Africa.

Minerales de Cobre.—En los minerales de cobre de baja ley y del tipo porfirítico las mejoras introducidas han elevado la extracción de 65 y 70%, obtenida hace algunos años, a 90%.

En el presente los resultados obtenidos en Nevada Consolidated Copper Mill, muestran que el empleo de Xantato y circuito alcalino ha traído un mejoramiento general en la prác-

tica y técnica, y además una simplificación en los Flowsheet.

Se ha logrado un aumento en la extracción, rebajando los costos y mejorando la eficiencia por hombre. Así, el cobre recuperado de una tonelada de 1,1% de mineral, en el año 1925, es igual al que se obtenía en 1914 de un mineral con una ley de 1,48%.

Otros concentradores también han entrado por este camino y entre ellos podemos citar al Utah Copper, en donde se emplea Xantato, creosota y una cierta clase de arena calcárea de las costas del Gran Lago Salado, que es más ventajosa que la caliza, a causa de las sales de potasio y sodio que contiene.

También, con la práctica actual, ha quedado bien demostrado el valor de los cianuros en la pulpa alcalina para eliminar los sulfuros de hierro de los del cobre.

Naturalmente que con el aumento de la aplicación de los métodos de flotación, la concentración gravitacional ha ido perdiendo terreno progresivamente y esta situación se refleja tanto en la práctica metalúrgica a que se someten los productos, como también en la del concentrador mismo. Esta materia ha sido admirablemente tratada por el señor G. L. Oldrigh en algunas publicaciones. Teóricamente la aspiración en un concentrador, es obtener un producto en el cual se combinan una alta ley con la mayor extracción. Para la fundición el desideratum sería una materia prima auto-fundente. En el concentrador se obtiene o bien se trata de obtener, un producto de alta ley en cobre y hierro, pero bajo en sílice, pero si la reducción de ésta llega a una cantidad menor que la necesaria para escorificar el hierro, entonces la fun-

dición, si no dispone de alguna otra fuente de minerales silicosos, se verá obligada a comprar la sílice necesaria. Esta situación puede remediarse en el concentrador mismo, para ello es necesario eliminar la mayor cantidad de piritas que sea posible y si esto no basta, será menester dejar deliberadamente en el concentrador la cantidad de sílice suficiente para el objeto que se la desea. La sílice que estos productos contendrán estará generalmente en la forma de silicatos, o bien, puede obtenerse de mesas, «separando el Cuarzo», material que es más ventajoso para la escorificación. Si el concentrador y la fundición son de la propiedad de una misma Compañía la aspiración será llegar a obtener una cantidad mínima de concentrados; pero si ambos son separados y se trabaja en la forma corriente se tratará de llegar al tonelaje máximo para tener la mayor utilidad.

Como ejemplo de la separación de minerales de cobre de baja ley, de diversos otros compuestos, podríamos citar innumerables faenas, pero sólo mencionaremos que hasta este momento está sin resolverse, en forma definitiva, la separación de la molibdenita de los sulfuros de cobre, a pesar de que la primera flota con facilidad empleando únicamente kerosena; el cobre se precipita con peróxido de hidrógeno o anhídrido sulfuroso, o cloruro férrico.

Minerales de zinc de Tri-State.

—Aquí la flotación ha tenido un progreso más lento que en los minerales de cobre.

Generalmente para la flotación diferencial se usan cuatro máquinas en serie, la primera produce espuma de plomo, que se enriquece en mesas, las segundas, dan mixtos de plomo que vuelven a la primera máquina; la

tercera da concentrados de zinc ricos y la última mixtos de zinc que vuelven a la anterior. A veces sólo se emplean tres máquinas: una para el plomo y dos para el zinc. En el caso que sólo se tenga zinc no se necesitan sino dos máquinas. Los reactivos más corrientemente usados son: Xantato, sulfato de cobre, ácido sulfúrico, aceite X-Y, de la Newport Chemical Co., aceite de pino y creosota N.º 22. El Xantato y parte del aceite X-Y y del aceite de pino se agregan en las máquinas del plomo, el resto en las de zinc. Las operaciones se efectúan a la temperatura del ambiente. El agua en esta región lleva hasta más de 1,5 lb. de sulfato de plomo y otro tanto de sulfato de hierro.

La gran dificultad se presenta en mantener el circuito de la flotación libre de la mezcla con los aceites de lubricación, kerosena y alquitrán que, como se sabe, son fatales para la buena marcha del procedimiento separador.

La alimentación contiene alrededor de 12% de blenda y 2% de galena; la espuma de plomo, después del tratamiento en las mesas, alcanza de 75 a 80% de plomo; pero los relaves de las mesas son estériles. La espuma en el zinc contiene hasta 58% de zinc y 1.2% de hierro. Los relaves finales no llevan más de 0,5% de blenda y 0,1% de galena.

La flotación también ha producido auge en el tratamiento de los antiguos desmontes de relaves y se han hecho numerosas instalaciones con grandes adelantos.

En la actualidad se estima que se está recuperando del mineral un 15% más de blenda que antes.

La producción de concentrados de flotación ha pasado de 250 tons., se-

manales en el comienzo, a 1,500 toneladas a fines del año 1925.

Minerales de plomo, plomo-zinc-fierro y complejos. — El hecho de mayor importancia del año ha sido el progreso alcanzado en la flotación diferencial y la erección de importantes plantas comerciales que trabajan según este procedimiento. El efecto económico se ha hecho notar estimulando la producción de plomo y recuperando el zinc que antes se perdía. Los beneficios han favorecido no sólo a los mineros de plomo y zinc, sino también a los concentradores, fundidores y ferrocarriles. Por otra parte, el minero de minerales de plomo-zinc-fierro se ha encontrado con la extraordinaria situación de recibir pago por las tres pastas que contiene su mineral.

Innumerables minas que se encontraban de pára han empezado a trabajar.

La separación del zinc facilita la labor del fundidor de plomo, pues el tratamiento de éste se hace más fácil y menos costoso. Antes, una gran ley de zinc en el plomo requería el empleo de escorias con alto contenido en hierro, con lo cual se aumentaban las pérdidas en oro y plata, reduciéndose además la eliminación de los elementos perjudiciales. Más aún, era necesario comprar una cantidad de hierro extra, en exceso de la que se necesitaba y este desembolso se cargaba contra el mineral de plomo.

En general, en la flotación diferencial se usan como reactivos para separar el plomo, el xantato, el cianuro de sodio, sulfato de zinc y aceite de pino, el circuito se alcaliniza con ceniza de soda, porque la práctica ha demostrado que ésta no precipita el plomo, hay alguna certidumbre que los iones cálcicos, en la forma de

hidrato de calcio o de cloruro, ejercen una marcada acción precipitante sobre el plomo, no permitiendo que éste se acumule en la espuma.

En seguida se flota el zinc, después de haber acondicionado durante 20 minutos con ceniza de soda, sulfato de cobre y agregado reactivos espumantes.

La flotación al granel del plomo y zinc juntos de la ganga, seguida de la flotación diferencial para cada uno de los metales, es menos ventajosa que el procedimiento diferencial directo, que separa primero el plomo y después el zinc.

Para trabajo de experimentación el señor L. O. Howard de Pullman, Wash., recomienda el siguiente procedimiento para iniciar los ensayos, y que sólo requiere después ligeras modificaciones. Se emplean máquinas tipo laboratorio, y para separar el plomo se usa 3 lbs. de ceniza de soda por tonelada de mineral, $\frac{1}{2}$ lb. de cianuro de sodio, 1,5 lb. de sulfato de zinc, y de 2 a 5 gotas de aceite de pino o Barret N.º 4, y de 0,01 a 0,04 lb. de xantato. Después, para el zinc se agregan 21 lb. de sulfato de cobre y si es necesario, una o dos gotas del mismo aceite empleado para el plomo, se agregan 0,2 lb. de xantato.

Cuando la blenda se encuentra en la forma de marmatita, con la flotación diferencial no se obtiene un concentrado lo suficientemente rico en zinc y pobre en fierro, para que sea aceptado por los fundidores.

Para mayor informaciones sobre esta materia se recomienda el trabajo publicado en los folletos de U. S. Bureau of Mines, del Sr. A. W. Fahrenwald y que se titula «Present Status of Differential Flotation».

Como caso especial citaremos la

separación de lamas oxidadas de relaves de plomo-zinc, efectuada en Junction North, en Broken Hill; allí se resolvió este problema dando una tuesta preliminar con carbón vegetal para reducir los sulfatos a sulfuros, los cuales se flotan en seguida de la manera corriente. Los procedimientos de formación de pelécula por sulfuros solubles o hidrógeno sulfurado no dieron éxito, y también la reducción con hiposulfito de sodio falló, a causa de la cutícula de anhídrido sulfuroso que se formó y que impedía la flotación. El carbón reduce de igual modo que el carbón vegetal, pero deja un depósito en el mineral lo que no le permite flotar después.

Para la flotación misma del material, se empleó el procedimiento denominado Palmer - Seale - Nevett (abreviadamente P. S. N.), que usa como agente separador azufre disuelto en un disolvente apropiado, como ser soda cáustica, o alquitrán de carbón y ácido sulfúrico, o aceite de eucalipto, o alquitrán de carbón y óxido sulfúrico, o aceite de eucalipto y ácido sulfúrico, o bien alquitrán solo o aceite de eucalipto solo. Aparentemente el reactivo de acción es el azufre, pues los resultados son muy malos cuando se emplea hidrógeno sulfurado o anhídrido sulfuroso. El efecto del azufre soluble cuando se emplea en solución neutral, a una temperatura de 80 a 90° F, es de hacer flotar el plomo, fierro y plata, y en seguida, cuando se aumenta considerablemente la temperatura o se eleva la acidez del circuito, o se hacen ambas cosas a la vez, se produce la flotación del zinc. Este procedimiento reemplaza al Bradford, del hiposulfito, pues consume un 25% menos de ácido y requiere menor can-

tividad de azufre que hiposulfito, y finalmente da mejores resultados metalúrgicos.

Minerales oxidados y formación de películas sulfatizadas.

Esta continúa aplicándose en los minerales oxidados de plomo y se ha hecho algún progreso en el tratamiento de los de cobre.

Como ejemplos prácticos se pueden citar: el concentrador de New Cornelia, en Arizona, que trata de recuperar carbonatos y óxidos de cobre por sulfatización con sulfuros de sodio. La Unión Minière del Congo Belga, que trata los relaves de su planta de oxidados, por el procedimiento de la Minerals Separation.

Los señores E. S. Leaver y H. M. Lawrence, del U. S. B. of Mines, han hecho una investigación sobre los agentes sulfatizantes, abarcando el hidrógeno sulfurado, los sulfuros y polisulfuros de sodio, potasio, calcio, bario y amonio. Los resultados muestran que el polisulfuro de bario es el más útil con cualquier mineral de cobre, pero no se comporta del mismo modo como obra el sulfuro de sodio con los minerales de plomo. Los demás sulfuros dan malos resultados o son muy costosos.

Como un caso interesante puede mencionarse el Concentrador de Shattuck-Arizona, que trabaja en minerales oxidados de plomo y que en la actualidad ha sido convertido totalmente a flotación, eliminando los molinos tubulares, clasificadores draga, mesas de concentración, etc. El nuevo diagrama economiza potencia, agua, reparaciones y supervigilancia, además el costo por tonelada es mucho más bajo que anteriormente.

Los reactivos empleados son alquitrán de carbón y cal, que se agregan en los molinos Marcy junto con la alimentación y solución de 10% de sulfuro de sodio que mezcla al rebalse del clasificador.

Otros materiales no sulfurados.—Otra notable extensión del campo de la flotación lo encontramos en la planta de Radenthein, en donde se trata magnesita de 2 mm. a 0, en máquinas de 8 celdas con casi 2% de aceite. El proceso elimina en la espuma la arcilla y el talco; de modo que la alimentación que contenía casi 14% de insoluble, sólo llega a 4% después del tratamiento y se recupera cerca del 92% de la magnesita.

También se ha empleado en flotar fluorita. La operación se efectúa a 30° C. y los reactivos usados son 10 ó 12 libras de ceniza de soda por tonelada y de 0,3 a 0,5 lb. de ácido oléico.

Máquinas.—Casi todas las máquinas ya han alcanzando su estandarización, sin embargo, se han introducido algunas mejoras notables y varias máquinas nuevas.

Se ha notado que la cal reduce la duración de las telas que se emplean en las máquinas neumáticas, sólo resisten 60 días contra los 100 de antes.

La National Filter Cloth and Weaving C.° ha puesto en el mercado una nueva tela que tiene el mismo espesor de la corriente de coser, pero que dice alcanza mayor duración.

En la Phelps Dodge se prolonga la vida de las telas, dándoles un baño o una pintura con parafina disuelta en kerosena antes de ponerlas en servicio.

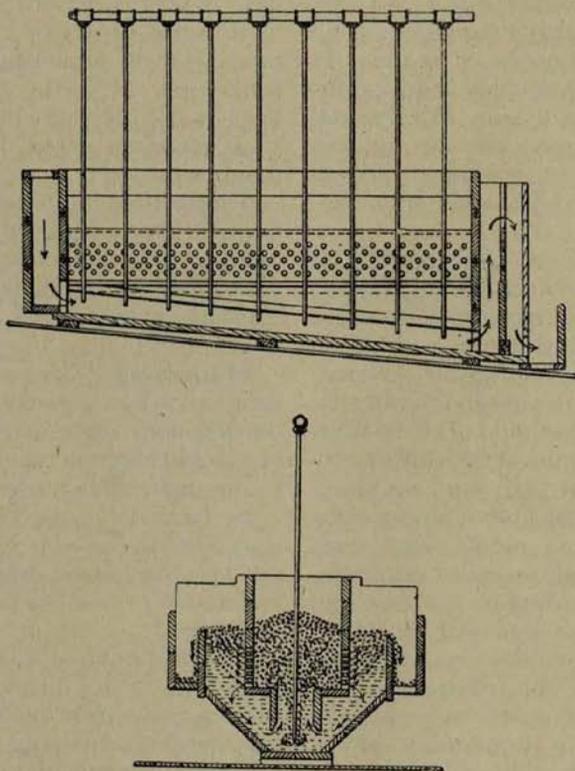
Para vencer las dificultades provenientes del cegamiento de las telas, en el Concentrador de Old

Dominion, se ha construído la máquina Forrester, neumática, que empleará un circuito alcalinizado por cal.

La figura muestra su sección transversal, alcanza a un ancho de 4 pies, está ligeramente inclinado en sentido longitudinal y puede tener cualquier largo; la cámara de aereación está formada por las divisiones que hay en la parte central, y en su eje bajan las cañerías del aire, que

se agita violentamente por el aire que descargan las cañerías y ascienden convenientemente aereadas a la cámara central, de la cual se descarga por una serie de agujeros laterales en los compartimentos de separación. Las flechas muestran bien la forma de descarga del concentrado y la circulación de la pulpa dentro de la celda misma.

Esta máquina no necesita telas,



Sección transversal de una máquina de flotación Forrester.

llegan hasta cerca del fondo. La pulpa se introduce por el fondo, en la parte alta, recorre toda la celda, para descargarse por un cuello de cisne en las celdas que siguen. Al pasar a lo largo de la celda la pulpa

eliminándose con ello las dificultades ocasionadas por el empleo de circuitos de alta acidez. El consumo de aire es un poco mayor que en el tipo ordinario de neumáticas, pero como se usa menor presión se viene

a tener el mismo consumo de potencia por tonelada.

Las cifras que se asignan a la máquina Forrester son las siguientes: Aire a $1\frac{1}{2}$ lb. de presión y de 0,5 Kw-h. por tonelada.

Otra nueva máquina es la Mc. Intosh experimentada en Nacozar. También tiene como objetivo evitar el cegamiento de las telas con los circuitos cargados de densos sulfuros de fierro, para lo cual se emplea en el fondo de las celdas un tambor rotatorio que lleva las telas y que gira lentamente. El aire se introduce a través del eje que es hueco y lleva empaquetaduras en ambos extremos. Además por el exterior del tambor se colocan raspadores que quitan los depósitos de las telas, los cuales van a sentarse en el fondo de la celda.

También se ha construido una celda neumática que se denomina Simpson y que emplea «air-lift» para la circulación de la pulpa dentro de la celda misma y entre celda y celda. El aire se introduce en el spitzkasten valiéndose de una caja de aire sumergida en él y que tiene en su parte superior el medio poroso.

Entre los tipos de agitación mecánica mencionaremos la máquina de Fahrenwald, adoptada en algunos concentradores de Coeur d'Alene y que reúne una gran sencillez, alta eficiencia, bajos costos de instalación y explotación, y poco consumo de potencia. Consiste en un largo estanque, dividido en celdas individuales por particiones transversales o vertederos de altura variable. En el centro de cada celda hay un eje vertical con un agitador. La circulación de la pulpa es sistemática; entra por el vertedero de alimentación mediante una cañería horizon-

tal de 3" de diámetro y baja por una cañería vertical de 6" hasta el agitador, de donde se descarga radialmente hacia afuera; la espuma sube y rebalsa por los lados de la celda, mientras que la pulpa pasa por debajo de una compuerta y por encima del vertedero siguiente que la lleva a otra cañería de 3" de la celda siguiente, y así sucesivamente.

La Mineral Separation ha introducido varias modificaciones en el mecanismo de movimiento, tendientes a disminuir la vibración, ruido y consumo de potencia. Así, ha logrado bajar el consumo de potencia por celda de 3,7 H. P. que era antes, a 2,5 H. P.

También se ha experimentado en Coeur d'Alene otra máquina denominada Owen y Dalton, que trabaja según un principio semejante al de la K. & K., pero tiene ciertas modificaciones que la hacen superior a esta última. El compartimento de espuma no es tan ancho y lleva también un control del aire que toma los rotores; pero la modificación más importante es la separación de la máquina en secciones de 10 pies, con un elevador en el extremo de cada una. Esto permite que se haga la máquina de cualquier largo y pueda ponerse horizontal, sin tener que sufrir los inconvenientes del asentamiento de las arenas densas en el fondo del estanque. También el rotor está dividido en dos partes en cada sección, pues así se tiene ocasión de recoger más pulpa en el largo de la celda. La rotación es más lenta, con lo cual se tiene mayor duración y menos dificultades. Como dato ilustrativo diremos que una máquina de 60 pies, con 6 celdas, trata 150 toneladas en 24 horas, cuesta \$ 2,100 dollars. marcha a 80 r. p. m. y consume 50 H. P.

En el U. S. Bureau se ha ideado, bajo la dirección de J. F. Gates y L. K. Jacobsen, un modelo para experiencias y que trata 50 grs. por carga. Planos y dibujos se pueden ver en el Eng. Min. Jour. Press. vol. 119, pág. 771, de 1925.

En flotación, especialmente en el caso de la diferencial, la densidad de la pulpa frecuentemente necesita un rígido control y para esto se ha ideado en el Concentrador de Sullivan un dispositivo muy sencillo. Es un pequeño cajón para la pulpa que lleva un vertedero de rebalses continuo y abajo un «spigot» de descarga. En la pulpa se coloca un tubo vertical con su extremo inferior ensanchado y cubierto por un diafragma de tela. El tubo se llena de agua coloreada de rojo, la cual sube y baja por la acción del diafragma que se mueve con las variaciones de la densidad. Para hacer una lectura más exacta en el tubo, encima del nivel de la pulpa se le da una dobladura para tener una suave inclinación hacia arriba.

Otra modificación de este mismo dispositivo se usa en Bunker Hill

& Sullivan; allí en vez del diafragma de tela usan una pera de goma.

Reactivos. — Sobre esta materia ya hemos mencionado mucho en los párrafos sobre los diversos minerales y se han adelantado varias consideraciones teóricas sobre el uso de los cianuros, pero su tratamiento lo haremos bajo el rubro Teoría.

El xantato y el aceite de pino son los reactivos que tienen un uso casi universal. Resumiendo, se puede decir que con el empleo del xantato se obtienen concentrados más ricos, mayores extracciones, menos necesidad de limpias en la espuma, además ésta es fácilmente espesable, requiriendo menos filtros y espesadores, y finalmente, los concentrados resultan con menos humedad. En el suroeste todas las plantas están empleando xantato, ya sea en pequeñas cantidades con las mezclas de aceites usadas anteriormente, o bien con aceite de pino solo. En el sureste, en los concentradores de Missouri, el xantato ha reemplazado a los aceites.

(Continuará).



LOS MAGMAS METALIFEROS

POR

J. E. SPURR

(Continuación)

CAPITULO IX

Epocas de deposición de Menas

Se ha llegado a reconocer casi universalmente que los yacimientos metalíferos son característicos de sólo ciertas épocas geológicas, y que entre tales épocas, durante muchos millones de años, no ha habido deposición de menas. Este hecho por sí mismo elimina las teorías uniformitarias respecto a la deposición de las menas en aquellos casos de yacimientos metalíferos ya considerados.

Ha sido bien establecido también no hace mucho, que los períodos críticos de deposición de menas fueron también períodos de intrusiones ígneas; y también de plegamiento y fallamiento (1) de las rocas. Todos estos tres grupos de fenómenos, por lo tanto, son catastróficos, más bien que uniformatorios en su naturaleza.

Existieron épocas de deposición de menas en el pre-Cambriano, pero para nosotros este período no es tan sencillo como un libro abierto. En el post-Cambriano, la faja de los Apalaches fué durante el Paleozoico el lugar de plegamientos, intrusiones y deposición de menas. Du-

rante este período, la región comprendida entre los Apalaches hasta cerca de la costa del Pacífico estuvo relativamente quieta y sin disturbios.

La historia de los Rocallosos, tal como se ve en Aspen, es típica de la historia geológica de una gran parte de la región Oeste de los Estados Unidos. Hablando en términos generales, Colorado es una isla de granito-gneiss en el océano del pre-Cambriano. Durante el Paleozoico tuvieron lugar repetidas oscilaciones ascendentes y descendentes, que dieron por resultado un depósito de areniscas en el Cambriano, calizas en el Siluriano, una delgada formación de esquistos en el Devónico, y una caliza en el comienzo del Carbonífero. Después de un gran solevantamiento, sin plegamiento, se formaron durante el período Permiano, espesas areniscas y calizas; y una rápida sedimentación de areniscas también caracterizó el Triásico-Jurásico. En el Cretáceo inferior se depositaron espesas capas de esquistos y calizas. Finalmente, a la terminación del Cretáceo, tuvo lugar la primera época o serie de épocas catastróficas que ocurrieron desde el pre-Cambriano, con la intrusión de rocas ígneas y la deposición de menas. Estos hechos se repitieron durante el Terciario, de tiempo en tiempo.

(1) "Fallamiento", equivale a Faulting del inglés = formación de fallas.—F. Benítez.

En la presente región de la costa del Pacífico, sin embargo, hubo períodos catastróficos con erupciones volcánicas tan antiguas como en el Paleozoico inferior, y un importante período de intrusión, plegamiento y deposición de menas en el Permiano-Triásico, y también a la terminación de Jurásico. Esta última época catastrófica se manifestó tan hacia el Este que alcanzó a Nevada Central. Pero cuando a la terminación del Cretáceo tuvo lugar la invasión de rocas ígneas en Utah y Colorado, esta invasión no se verificó ni en el Oeste de Nevada, ni más hacia el Poniente; aunque las rocas volcánicas del Terciario son características de toda la faja desde el Pacífico hasta las montañas Rocallosas. Nosotros todavía vivimos en el período catastrófico del Terciario.

En resumen, se tiene que durante el Paleozoico tanto la actual costa del Pacífico como la del Atlántico se establecieron como provincias magmáticas, con intrusiones ígneas, plegamientos y fallas y deposición de menas. En la costa del Pacífico hubo actividad ígnea y deposición de menas durante el período del Permiano-Triásico; y a la terminación del Triásico, a lo largo de la costa del Atlántico se produjeron intrusiones basálticas y algo de deposición de menas.

En la costa del Pacífico ocurrió un período de disturbios mayores como a la terminación del Jurásico y al principio del Cretáceo. Aún más tarde, a la terminación del Cretáceo, se estableció la gran provincia magmática de Utah y Colorado.

Entre la faja de los Apalaches y la faja catastrófica de actividad magmática de la Cordillera se encuentra como contraste la provin-

cia del valle del Mississippi, donde las estratas han permanecido casi horizontales desde antes del Cambriano. Pero al Oeste de los Apalaches, desde Nueva York a Missouri, existe una cadena de fallas, anticlinales y diques muy básicos (peridotitas), pertenecientes probablemente a la edad del post-Cretáceo que corresponde, por lo tanto, al período del magma catastrófico post-Cretáceo de las Rocallosas. A lo largo de esta cadena, y con frecuencia asociado estrechamente con los diques, existen abundantes depósitos de barita, fluorita, plomo y zinc, con un poco de cobalto y níquel. Las indicaciones hacen suponer que el valle del Mississippi se encuentra sobre un magma básico.

La fase del magma Terciario de la región de la Cordillera se extiende a través de Sud-América, y en la otra dirección, alrededor del Pacífico, hasta los márgenes del Asia y Australia.

De los tres mayores solevantamientos, desde el pre-Cambriano en la región de las Cordilleras, los dos últimos,—el de post-Jurásico y el de post-Cretáceo—fueron conspicuamente seguidos por deposición de menas. Parece probable, sin embargo, que el primero y el más temprano de los solevantamientos mayores—el que tuvo lugar a principios del Paleozoico—Mesozoico inferior, o Permiano, puede también haberse señalado por deposición de menas en Arizona y en otras partes. Fué un período muy importante de deposición de menas en Europa.

Mientras las épocas de deposición de menas (épocas metalogénicas), son recurrentes y periódicas, no son regulares o rítmicas, sino que dependen de factores complejos.

Una provincia metalogénica muy

reciente, como la última (Plioceno), en la costa del Pacífico, mostrará únicamente la zona más superficial de deposición metálica (mercurio); una de edad intermedia mostrará especialmente plomo y zinc; y las más antiguas mostrarán cobre, oro, y aún tungsteno, la diferencia depende en gran parte de la profundidad de la erosión, que es principalmente una función del tiempo, y que ha expuesto las diferentes zonas metalíferas.

En Colorado se estima que la erosión ha destruido entre 5,000 y 10,000 pies de rocas desde la deposición de las menas de plomo y zinc que ahora afloran; y podemos asumir por analogía una erosión similar que haya destruido los depósitos de plomo-zinc, del valle del Mississippi, una conclusión que obtiene más apoyo por la conocida velocidad de la erosión del valle del Mississippi, y por una consideración de los fenómenos de fallas y el progreso del fallamiento. Estas menas deben haberse formado hace muchísimo tiempo, y dentro de un período muy corto, porque el fallamiento local post-mineral evidentemente representa un período muy largo de tiempo.

Arizona es un ejemplo maravilloso de la concentración del cobre,—constituyendo una provincia metalogénica relacionada con rocas ígneas. En los distritos de Helvetia y Bisbee, en Arizona, las menas de cobre son probablemente de edad Permiana. En estos distritos hay evidencia de una erosión muy continuada durante el Triásico-Jurásico; y en Colorado, algunos cientos de millas más al nor-este, encontramos una serie de rocas, especialmente areniscas coloradas, de este período, que ascienden a miles

de pies, que evidentemente representan en parte el material depositado en el océano y ganado de las masas de tierra de Arizona durante estos enormes períodos.

Además de la probable época metalogénica en Arizona, una era metalogénica posterior perteneciente a la época del post-Cretáceo, tal como se encuentra en el distrito Clifton Morenci; y ésta está asociada con intrusiones de monzonita, mientras que los casos observados de yacimientos metalíferos del Permiano están asociados con rocas intrusivas graníticas. El grupo del post-Cretáceo está abundantemente representado en Arizona, Nuevo Méjico no sólo por menas de cobre, sino también por aquellas de oro y plata, plomo y zinc. Se deduce que las menas de plomo-zinc, de acuerdo con lo antedicho, se han formado a menores profundidades que las menas de cobre, las que se supone que se formaron más o menos a una profundidad de algunos 15,000 pies. Lindgren ha estimado que un yacimiento de menas de plata-plomo en Nuevo Méjico, ha sido formado a 4,000 pies debajo de la superficie.

Casi todas las rocas intrusivas del post-Cretáceo de esta región están asociadas con el desarrollo, en las calizas intrudidas, de silicatos de cal, y, por lo tanto, los minerales metálicos asociados han sido clasificados como yacimientos de «*contacto metamórfico*», una expresión que creo debiéramos usar con mucho cuidado. Los minerales metálicos no son necesariamente de la misma edad y no se formaron a la misma temperatura que los silicatos de cal con los cuales están asociados. En general, creo que la manera más segura de hacer la clasificación de los yacimientos metalíferos es atendien-

do a sus metales, en lugar de considerar sus constituyentes no metálicos. Según mi experiencia, los sulfuros metálicos son generalmente posteriores, y se formaron a una temperatura menor que la de cristalización. Debido a un aumento en la temperatura de la roca después de la deposición de las menas, es, sin embargo, posible que los silicatos de cal se formen después de los sulfuros metálicos y se puede concebir que esto continúe hasta transformar estos sulfuros a óxidos y silicatos metamórficos. Yo me inclino a creer que los yacimientos de zinc de Franklin Furnace, New Jersey, tuvieron ese origen.

Los yacimientos de sulfuros, aún cuando estén asociados con rocas ígneas básicas, representan prácticamente la última etapa de cristalización magmática, y en verdad, la misma etapa que las menas de sulfuros asociadas con rocas silíceas ígneas.

Además de las épocas metalogénicas del Permiano y del post-Cretáceo en Arizona, se precipitó cobre

abundantemente durante la época de pre-Cambriano, la época más vasta de las tres. Un ejemplo de esto lo encontramos en el distrito de Jerome, y otros en Arizona y Nuevo Méjico. Finalmente, el cobre se encuentra representado a una cuarta época del Terciario superior.

Por lo tanto, el hecho extraordinario acerca de esta región del sur de Arizona, es que en ella se encuentran representados cuatro grandes períodos de deposición de menas pre-Cambriano, Permiano, post-Cretáceo y Terciario inferior; y que las menas que predominaron en cada período fueron las de cobre. Debemos admitir que, durante períodos recurrentes y cortos, separados por muchos millones de años, las intrusiones de magmas ígneos fueron acompañadas por intrusiones de magma con un contenido de cobre relativamente abundante.

Según se deduce de los productos, de lo menos cuatro épocas metalogénicas distintas Arizona es, por lo tanto, una provincia metalográfica.

(Continuará).



EL MINERAL DE HIERRO EN AMERICA DEL SUR Y LOS YACIMIENTOS DE ARGENTINA ⁽¹⁾

POR

ERWIN KITTL.

SUMARIO

- I. GENERALIDADES.
- II. YACIMIENTOS DE HIERRO EN BRASIL.
- III. YACIMIENTOS DE HIERRO EN CHILE.
- IV. YACIMIENTOS DE HIERRO EN ARGENTINA.
 1. Yacimientos magmáticos, de contacto y filones.
 - a) Jujuy, Salta y Los Andes.
 - b) Catamarca y La Rioja.
 - c) San Juan y Mendoza.
 2. Yacimientos sedimentarios.
 3. Resumen sobre los yacimientos argentinos.
- V. YACIMIENTOS DE HIERRO EN OTROS PAÍSES SUDAMERICANOS
- VI. BOSQUEJO SINÓPTICO DE LA EXISTENCIA MUNDIAL DE MINERAL DE HIERRO.

I. GENERALIDADES

Las regiones que producen hierro no se encuentran sólo en partes favorecidas del mundo, ningún continente carece de tales yacimientos; pero los centros de industria siderúrgica, que pueden recibir tal denominación

se encuentran en Europa y Norte América en lugares no sólo ricos en mineral de hierro, sino también próximos a regiones carboníferas. Hace algunos años la leña desempeñaba un papel como combustible, actualmente perdió su importancia y por otro lado la fundición eléctrica todavía no se ha desarrollado lo suficiente como para sustituir la fundición a base de carbón y coque.

Debido a estas circunstancias, ciertas naciones de América del Sur no parecen predestinadas para la industria del hierro. Generalmente podemos decir que los países donde se encuentra mineral de hierro en inmediata cercanía de carbón son los más favorecidos y en realidad así sucede, desarrollándose en ellos la industria correspondiente en una forma insuperable para cualquier competencia. Hay que mencionar un factor más: la aptitud industrial de la población; esta no se reemplaza artificialmente y la tradición en una industria es una ventaja importante en la lucha económica.

Si falta mineral de hierro en un lugar en que abunda el carbón no es un impedimento demasiado grande para su industria, siempre que el transporte del mineral sea muy barato y que todas las otras circunstancias sean favorables.

(1) Tomado de la Revista Minera de Bolivia que dirige el señor E. Kittl en Oruro.—Enero y Febrero de 1927.

Podemos pues establecer que las condiciones indispensables para el desarrollo de la industria siderúrgica en un país son:

1. Proximidad entre los yacimientos de hierro y carbón.

2. Existencia de yacimientos de mineral de hierro en lugares que tengan hierro en abundancia o fuerza de agua.

3. La existencia de mineral de hierro a cierta distancia de yacimientos de carbón pero siendo posible el transporte de uno a otro es decir, suficientemente barato.

4. La actitud industrial de la población.

Tenemos ejemplos en que aparecen minerales de hierro lejos de carbón u otros combustibles y sin ninguna comunicación con otra región que dispone de tales recursos: en este caso el yacimiento, aunque sea muy grande, *no es explotable*.

Desde hace años los estados Sudamericanos piensan establecer una industria del hierro, y se habla de ello especialmente en los tiempos de guerra. Esto se pudo observar durante la guerra del Paraguay, y últimamente con la gran guerra Europea. Se quería establecer una industria con el fin de asegurar la defensa nacional. Naturalmente no se puede predecir la forma que tomaría una guerra eventual en América del Sur, pero teniendo en cuenta las grandes distancias y la población relativamente escasa, en comparación con Europa, es muy probable que sería menos cuestión de material que en ésta. Desde dicho punto de vista, una industria siderúrgica Sudamericana no necesita por el momento tener tanta magnitud.

El estudio que sigue tiene, ante todo, el objeto de demostrar cuáles son las posibilidades para una indus-

tria del hierro a base de los recursos de los países Sudamericanos.

II. YACIMIENTOS DE HIERRO EN BRASIL

Entre los países Sudamericanos, Brasil es el que tiene los mayores yacimientos de hierro. Los autores más conocidos que se han ocupado de sus descripciones son los siguientes: H. K. SCOTT (1), E. HUSSAK (2), O. A. DERBY (3), C. K. LEITH y E. C. HARDER (4) E. C. HARDER y R. T. CHAMBERLIN (5). Además se encuentra bibliografía en BEISCHLAG, KRUSCH, VOGT (6).

Estos autores distinguen en el Brasil dos clases de yacimientos:

1. Los más importantes: en esquistos cristalinos.

2. En conglomerados y areniscas.

El primer grupo comprende una cantidad de yacimientos que se encuentran en posición concordante con la sierra madre. En éstos los esquistos cristalinos aparecen inyectados por granitos, y sobre dichos esquistos descansan una serie de cuarcitas y areniscas (Itacolumita), esquistos arcillosos metamorfoseados y calizas. Las intercalaciones concordantes consisten en Itabirita que contiene cuerpos lenticulares de hematita.

El mineral de hierro se presenta bajo dos formas:

a) Como hematita maciza.

(1) The Iron Ores of Brasil, Iron and Steel Inst. 1902.

(2) Zentralblatt f. Min. Geol. etc. 1905, Zeitschrift f. prakt. Geol. 1906, pág. 237.

(3) The Iron Ore resources of the World, Stockholm 1910.

(4) Hematite Ores of Brasil and a comparison with Hematite Ores of Lake Superior, Econom. Geol. VI, 1911.

(5) The geology of Central Minas Geraes, Brasil, Journal of Geol. 23, 1915.

(6) Die Lagerstaetten der nutzbaren Mineralien und Gesteine, II. Tomo, pág. 710.

b) Como hematita estratificada de poco espesor (jacutinga).

Generalmente los yacimientos aparecen concordantes, es decir, que son probablemente singenéticos. El origen sedimentario ha sido establecido por LEITH y HARDER. Según estos autores el mineral originalmente depositado fué oxidohidrato de hierro; después por procesos de metamorfosis regional resultó hematita. Los yacimientos más grandes de esta clase se encuentran en Minas Geraes. En resumen podemos decir que se trata de yacimientos de origen sedimentario.

El otro grupo comprende conglomerados y areniscas cuya liga consiste en limonita. La ley de estos yacimientos es menor que la del otro grupo, pero su extensión también es muy importante.

Los cálculos efectuados sobre los yacimientos brasileños varían, pero todos los autores dan números muy altos. Los datos más viejos hablan de existencias enormes, DERBY indicaba varios miles de millones de toneladas; GONZAGA DE CAMPOS 2,000 millones de toneladas sólo en Minas Geraes. La suma total aproximada debe acercarse a los 4,000 millones de toneladas. La existencia posible es mucho mayor.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las rocas son de formación arcaica y paleozoica, podemos deducir que estas formaciones antiguas parecen favorables para encontrar yacimientos de hierro.

Aunque el Brasil dispone de existencias enormes de mineral no hay una industria siderúrgica importante. Trabajan varios altos hornos, pero por falta de carbón en el mismo lugar, por las distancias notables hasta un punto apto para una industria y también por carecer

de espíritu y tradición industrial, no ha podido desarrollarse ésta en forma adecuada y en relación con la magnitud de los yacimientos.

III. YACIMIENTOS DE HIERRO EN CHILE

El interés en la búsqueda de minerales de hierro es en Chile mucho más reciente que en Brasil y la primera causa para ello fué querer establecer una industria necesaria en caso de guerra. Los datos más nuevos sobre este país han sido publicados por J. DANIELS (1).

Los yacimientos forman una zona a lo largo de la costa, cuya longitud es de 570 km. aproximadamente y que se extiende desde 25° 30' (Taltal) hasta 30° 39' (Coquimbo) latitud Sur, la distancia entre cada uno varía desde 9 km. (Taltal) hasta 35—45 km. (Cristales y Algarrobo). Los distritos más importantes son:

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1. Potreros | (Antofagasta) |
| 2. La Varilla | (Atacama) |
| 3. Copiapó | » |
| 4. Chañar Quemado | » |
| 5. Algarrobo | » |
| 6. Cristales | (Atacama) |
| 7. Romeral | (Coquimbo) |
| 8. Dorado | » |

La mayoría está cerca de la costa, así que el transporte al mar no resulta demasiado caro. Según este autor la génesis de los yacimientos chilenos es muy distinta de la del Brasil: se trata siempre de origen magmático o de contacto, es decir, que no encontramos yacimientos sedimentarios. Este hecho coincide con la distinta edad y las distintas formaciones geológicas de Chile, este

(1) Minerales de hierro en la costa de Chile, Bol. Minero. Santiago N.º 328, pág. 744, año 1926.

país es de una formación más joven, las rocas arcaicas y paleozoicas no desempeñan un papel importante como en Brasil y no existe probabilidad alguna de encontrar yacimientos parecidos.

DANIELS describe la geología de los yacimientos de hierro como sigue: la sierra madre, en sentido amplio, está construída por granitos, monzonitas y dioritas, respecto a la edad y otros detalles este autor no publica nada; sólo dice que las rocas intrusivas están cubiertas por sedimentos; y no decide sobre la cuestión de que se trata de un origen magmático o de contacto. El mineral de hierro se encuentra en dioritas y dioritas porfíricas. La forma de los yacimientos es irregular, en su mayoría lenticular, el eje mayor tiene la dirección N.S. A veces se observa, según DANIELS, un contacto entre las capas sedimentarias y las rocas básicas.

La extensión de los yacimientos todavía no ha sido explorada. Pero podemos suponer que se trata de yacimientos importantes.

La mineralización de los yacimientos es la siguiente: hematita y magnetita. Las dos en forma maciza. Como impureza el autor mencionado nombra apatita, bajo forma de mineral accesorio. La transición entre la roca y el mineral es brusca; el mineral dominante en la hondura es la magnetita.

También menciona que los depósitos del Tofo consisten: en la superficie en hematita, en la profundidad en magnetita. Lo mismo ha sido observado antes en un yacimiento de la Argentina (1). En cuanto a la génesis de los yacimientos el autor mencionado habla de diques

magmáticos pero no de una directa separación magmática. La ausencia de pirita es de importancia, aparecen también vetas con mineral de cobre, pero pertenecen a una formación más joven y bien caracterizada, lo que constituye una semejanza más con el yacimiento Argentino de Tinogasta.

Un análisis de mineral de hierro de Chañar Quemado dió la siguiente composición:

Fe	60—69 %
Sílice	1—10 »
P	0.003—0.210 »
S	0.01 —0.08 »
Mn	0.04 —0.22 »

El mineral que contenga hasta un 60% de hierro y menos de 9—8% de SiO₂ se puede separar fácilmente. Un cálculo exacto de la existencia no pudo hacerse por falta de exploración.

Además DANIELS da algunos datos económicos como ser: Jornales; éstos varían entre 5 y 12 pesos chilenos por día (término medio 1.10—1.20 US. \$).

Los resultados de las fundiciones de hierro en Chile son los siguientes: Los altos hornos en Corral han trabajado en los años 1910-1911 en total 217 días y produjeron 4,794 tons. de lingotes de hierro, es decir por día 22 tons. En el año 1920 bajaron 8 días y produjeron 43 tons. por día, en total 345 tons. de lingotes de hierro gris, con un precio de costo de 25.30 US. \$ por ton. La capacidad de los dos altos hornos es de 90 tons. por día.

Estos fueron los datos que sirvieron de base, posiblemente, para el experimento de construir un alto horno en la Argentina, de parte del Ministerio de Guerra.

(1) Zeitschrift f. prakt. Geol. 1926, pág. 57.

En resumen los yacimientos de hierro en Chile fueron visitados por DANIELS con el fin de exportar el mineral a Norte-América, y el resultado más importante de estos estudios lo constituye el hecho de haber sido comprobada la existencia de una serie de yacimientos cuya importancia naturalmente no se puede comparar con la del Brasil, pero parece suficientemente abundante como para poder decir que esta materia prima alcanza para más que las necesidades de Chile y permite una exportación, cuyas cifras DANIELS calculó por lo menos en 1.000,000 de toneladas por año. La exportación de mineral de hierro (67%) por la Bethlehem Steel C.° en el año 1925 fué de 1.157,500 tons.

IV. YACIMIENTOS DE HIERRO EN ARGENTINA

Hemos visto que los yacimientos de mineral de hierro en Brasil tienen conexiones con los esquistos cristalinos y que la gran extensión de éstos corresponde a la abundancia de los esquistos; no sucede lo mismo en Chile cuya formación mucho más joven y actividad volcánica determinaron yacimientos de menos extensión, pero sin embargo de valor industrial, debido a su fácil accesibilidad.

Las provincias del Este argentino están constituidas por las mismas formaciones cristalinas que se encuentran en la mayoría del Brasil, pero existe una gran diferencia, en este último país hay montañas, las que faltan en las regiones argentinas correspondientes.

Vastas zonas de la Argentina están cubiertas de formaciones más

jóvenes, que no permiten reconocer las formaciones primarias; como veremos más adelante no es fácil descubrir yacimientos de hierro en estas partes de la República.

Las provincias centrales y del Oeste argentino pertenecen a la formación de la Cordillera. En estas formaciones encontramos yendo hacia el Oeste otras clases de yacimientos: de origen magmático, en el sentido amplio de la palabra. Aunque las Sierras Pampeanas consisten en rocas cristalinas de edad arcaica y paleozoica, el primer plegamiento puede pertenecer en parte al paleozoico y las rocas intrusivas que acompañaron a éste son de la misma edad que su levantamiento. La formación de la Precordillera es probablemente de edad menor y en ésta, y también en las cadenas del Este de la Cordillera, encontramos en varios lugares yacimientos de mineral de hierro, cuyo origen con toda seguridad, no es sedimentario.

Entre los estudios efectuados hay que mencionar ante todo, los de R. BEDER (1), los cuales permiten establecer fácilmente la escasa magnitud y el origen de los yacimientos argentinos; también se encuentra en este estudio una bibliografía sobre las obras anteriores. Existen además trabajos modernos de R. BEDER (2), F. PASTORE (3), JUAN

(1) Estado actual de nuestros conocimientos sobre la existencia de mineral de hierro en la República Argentina, Boletín de la Acad. Nac. de Ciencias en Córdoba, tomo XXVII, pág. 121, 1923.

(2) Informe sobre la existencia de mineral de hierro en los alrededores mayores de Potrerillos y Cacheuta en la Provincia de Mendoza, Anales del Ministerio de Agricultura, sec. Geol., Min., y Minería, 1925, publ. N.° 6.

(3) Informe geológico preliminar sobre el yacimiento de magnetita de la mina «Sarmiento», región de Characate, Sierra de Córdoba, Ministerio de Agricultura, Dir. Gen., de Minas. Geol. e Hidrología, publ. N.° 10, 1925.

HAUSEN (1) y E. KITTL (2). Entre estos últimos describieron yacimientos cuya extensión permite realmente darlos tal nombre, en el sentido minero.

La clasificación que establece R. BEDER es la siguiente:

1. Yacimientos magmáticos.
2. De contacto.
3. Filones.
4. Yacimientos metasomáticos.
5. Yacimientos sedimentarios.
6. Placeres.

Podemos reunir los yacimientos del 1 a 4 bajo la denominación de yacimientos magmáticos y sólo se recomienda distinguir la separación magmática (diferenciación) de las formaciones de contacto, sea que aparezcan en forma lenticular en el contacto mismo o cerca de éste, o sea que formen filones.

En general los yacimientos sedimentarios pueden tener varias formas, en Argentina no los encontramos bajo distintas formas, por eso podemos reunir los últimos grupos.

1. YACIMIENTOS MAGMÁTICOS, DE CONTACTO Y FILONES

El trabajo de BEDER enumera detenidamente los yacimientos conocidos y según este trabajo, existen una serie en las distintas provincias del Oeste, que desde el punto de vista minero no son minas explotables, y el minero no debe denominar a un yacimiento *mina*, si no existe la posibilidad de explotarlo. En la

Provincia de Catamarca en la Sierra del Aconquija hay yacimientos verdaderamente magmáticos que son una segregación del magma como el de la mina «Romay» de Albigasta (3). Pero la extensión y también la calidad del mineral es tan insuficiente, que no es posible una explotación.

Sin embargo, existen yacimientos más grandes y quiero describir los más importantes y además citar las circunstancias que hasta ahora han impedido su explotación.

a) Jujuy, Salta y Los Andes

En estas provincias han sido hecho estudios detallados por JUAN HAUSEN (1). Menciona en el Oeste de Jujuy (Capital) dos minas de hierro: La Poderosa y Rodeo.

En *La Poderosa* aparece un filón de hematita en una sienita; el largo de la veta no es más que de 100 m. la extensión vertical es desconocida; la composición del mineral no es muy favorable.

Fe	52.05%
SiO ₂	20.89%

Según su origen estos yacimientos deben pertenecer a los filones; la hematita aparece en vetas y la limonita en la superficie. La formación de cobre es más reciente y tuvo lugar separadamente. El análisis de este mineral no permite suponer formación de contacto o magmática, en el sentido estricto de la palabra, pero debe corresponder a procesos postvolcánicos. HAUSEN observó fenómenos que permiten suponer efectos de pneumatolisis. Según todos

(1) Sobre un perfil geológico del borde oriental de la Puna de Atacama etc., Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, tomo XXVIII, entrega 1.ª, 1925.

(2) Ueber den neusten Stand der Eisenerzfrage Argentinens, Z. f. prakt. Geologie, 1926, pág. 57.

(3) Algunas observaciones sobre el yacimiento de mineral de hierro de la mina «Romay», Ministerio de Agricultura, Dir. Gen. de Minas, Geol., e Hidrología, publ. N.º 125.

(1) Loco cit.

los indicios no se trata de yacimientos importantes, puesto que el mismo autor observó en varios otros lugares vetas de la misma clase, que más adelante encontraremos frecuentemente en la Cordillera.

En cuanto a su extensión, mucho más importancia tiene un yacimiento de *contacto* de la región de Los Cobres, en el cual se encuentran cuerpos lenticulares de mineral de hierro en esquistos cristalinos metamorfoseados, cerca de un macizo de granito cristalino. Se trata de dos cuerpos de mineral que aparecen separadamente con las dimensiones siguientes: largo 80 m., ancho máximo 32 m., inclinación casi vertical y otro cuyo largo es de 200 m. y ancho de 50 a 60 m. El mineral es hematita de grano fino y limonita, la composición química es la siguiente:

	1.	2.
Fe ₂ O ₃	87.79	78.11
MnO	0.10	0.79
-H ₂ O.....	3.92	3.93
+H ₂ O.....	7.60	6.76
SiO ₂	0.68	1.62
Totales %.....	100.09	100.21
Peso específico..	4.2685	4.3244

Como faltan trabajos de exploración no se pueden hacer cálculos seguros de la existencia, pero suponiendo solamente una profundidad de 50 m. HAUSEN calcula 2 millones de toneladas de mineral de hierro.

Para este yacimiento se cumplen pues las condiciones de *calidad* y *cantidad*, pero faltan todas las demás y entre ellas las de *combustible próximo* y *accesibilidad* y es muy difícil suponer que puedan salvarse en poco tiempo tales dificultades.

También han sido observados en otros puntos, minerales de hierro,

pero debido a los pocos estudios efectuados no es posible calcular existencias. La calidad de un rodado del Alto del Remate es mejor todavía que la del mineral arriba mencionado. Y mientras que la falta de minerales de contacto y la presencia de hematita en la mina de Los Cobres, hace probable la formación por procesos postvolcánicos. HAUSEN halló en otros puntos minerales que permiten suponer una formación magmática.

Además, este mismo autor encontró en el valle del río Calchaquí una veta de mineral de hierro de una extensión notable y de buena calidad (Fe 51.45%).

En resumen: las provincias del norte tienen yacimientos de hierro y de buena calidad; la exploración todavía está en los principios, pero debemos suponer que hay más yacimientos en esta región. Naturalmente, cualquier interesado tendrá que entregar este trabajo a los técnicos y geólogos competentes, si quiere tener buen éxito, pues confiando el reconocimiento del terreno y los demás proyectos a militares o abogados, no es probable que se obtenga algún adelanto, y en general en esa forma nunca se ha obtenido mejoramiento ni prosperidad minera.

En síntesis, si bien se han encontrado yacimientos, ellos no reúnen todas las *condiciones* necesarias para ser considerados como *explotables*, el solo hecho de hallar un yacimiento, no basta, de ningún modo, como ya mencioné, es de suma importancia: la proximidad de un combustible y la accesibilidad. *Combustible* y *transporte* he aquí los factores que determinan, realmente, fuera de la cantidad y calidad el valor de un yacimiento. Y estas condiciones en Los

Andes, Salta y Jujuy hasta ahora no son favorables. El único yacimiento de importancia de esta región está situado tan lejos de cualquier combustible y tan lejos del ferrocarril, sin contar que no existe ninguna otra comunicación factible para un mineral de tan reducido valor, que una explotación, hasta ahora, francamente es imposible u originaría tan grandes pérdidas que ningún gobierno podría justificar una producción tan cara. La elaboración por fundición eléctrica no sería fácil pues la fuerza hidráulica también queda bastante lejos y la conducción es dificultosa y además existiría la necesidad de efectuar otros transportes, como ser de materiales, etc.

b) *Catamarca y La Rioja.*

Comparando estas dos provincias con las del norte, resulta que las condiciones generales son casi iguales, aunque para ciertas partes la accesibilidad es mejor y la altura absoluta sobre el nivel del mar es menor.

En estas partes de la República Argentina se encuentran varios yacimientos. Por los estudios de R. BEDER (1) han sido comprobados yacimientos magmáticos en la Sierra de Aconquija y varios filones de origen probablemente pneumatolíticos. Más tarde J. RASMUSSEN mencionó filones de hematita de Bisvil.

En el año 1925 he estudiado detalladamente los yacimientos de Catamarca y La Rioja. Los resultados más importantes ya han sido publicados en Alemania (2).

Todos los yacimientos de La Rioja y Catamarca podemos incluir—si-

guiendo a BEDER—en los grupos siguientes:

1. Mágmaticos; se encuentran en forma de yacimientos muy pequeños y no tienen ningún valor económico. Aparecen en rocas básicas como segregación magmática y son de edad arcaica y paleozoica.

2. Yacimientos de contacto; aparecen en los esquistos cristalinos y rocas intrusivas paleozoicas de Tinogasta y forman yacimientos que, en un caso, alcanzaron notable extensión. (Filo de la Cortadera).

3. Filones que forman yacimientos de extensión reducida, probablemente de origen pneumatolítico, de hematita que aparecen en los esquistos cristalinos de la Sierra del Aconquija, y en varios otros lugares de las provincias de La Rioja y Catamarca. Su valor económico es nulo o insignificante, como pude comprobar en el caso del yacimiento «Los Nacimientos» de Bisvil.

4. Yacimientos de origen sedimentario, son dudosos, puesto que la región al poniente de Tinogasta, que consiste en capas sedimentarias de mucho espesor, puede contener yacimientos de hierro. Estos estratos han sido depositados probablemente en la formación mesozoica mientras que los plegamientos tuvieron lugar más tarde. PENCK los denominó estratos Calchaqueños. En éstos se encuentran filones que pueden ser el resultado de una concentración posterior. Hasta ahora no tienen valor económico.

Yacimientos magmáticos

El único yacimiento cerca de Albigata ha sido descrito por BEDER con más detención de lo que correspondería a su importancia económica. Podemos establecer que este yacimiento ha sido formado por segre-

(1) Algunas observaciones sobre el yacimiento de mineral de hierro de la mina «Romay» etc., loco cit.

(2) E. Kittl, Ueber den neuesten Stand d. Eisenerzfrage Argentinien, Z. f. prakt. Geol., 1926.

gación magmática de un hornblende—gabro. Pero la extensión de este gabro es tan reducida que no hay esperanza de encontrar yacimientos importantes.

Existen grandes yacimientos magmáticos en Suecia y Noruega, pero hay que subrayar el hecho de que éstos se encuentran situados al lado de macizos grandes de gabros, noritas o dioritas. Estos cuerpos grandes de rocas intrusivas básicas faltan en Argentina y por esta razón *no es probable* encontrar yacimientos magmáticos en el verdadero sentido de la palabra.

Yacimientos de contacto y filones

Para describir los yacimientos de contacto y especialmente el del «Filo de la Cortadera» es necesario dar una pequeña revisión geológica. Los esquistos cristalinos arcaicos de Catamarca y La Rioja contienen cuerpos intrusivos de rocas graníticas y granodioríticas. Pude comprobar la existencia de varios macizos graníticos, que se distinguen entre sí por su aspecto, su composición química y probablemente también por su edad. Empezando por la Sierra del Aconquija, diré que se encuentra aquí un cuerpo de granito legítimo cuya descripción petrográfica publicaré oportunamente; estos granitos del Aconquija tienen alrededor de 70% SiO_2 , contienen biotita y a veces muscovita; los considero de edad arcaica o cámbrica. De cualquier modo parecen más antiguos que el macizo de Muschaca—Capillitas. El macizo de rocas granodioríticas, hasta sieníticas, de Muschaca—Capillitas ya se diferencian por su aspecto distinto, la ley de SiO_2 varía desde 65 a 63%.

Más al Oeste aparece cerca de Belén y especialmente entre Lon-

dres—Tinogasta un macizo de granito rojo de gran extensión, que ha sido llamado por W. PENCK, granito del tipo San Salvador. Este granito—un granito legítimo con más de 70% SiO_2 —parece ser de la misma edad que el granito del Aconquija.

El granito de Mazán y unos cuerpos intrusivos de menor tamaño del Este de Pomán deben ser también de la misma edad que el granito de la Sierra del Aconquija.

Refiriéndome al contenido de los yacimientos, diré que los cuerpos intrusivos no son iguales.

Considerando sólo los que aparecen como formaciones postvolcánicas de estas rocas intrusivas, podemos decir que el granito de la Sierra del Aconquija no tiene yacimientos metalíferos, sólo se observó una cantidad de vetas de hematita que aparecen lejos del contacto, a bastante distancia de la roca intrusiva. Estas formaciones se presentan siempre como vetas, el mineral generalmente es hematita con cuarzo, a veces clorita, en un caso se observó siderosa más joven («Los Nacimientos» cerca de Bisvil).

Las dimensiones de estas vetas son generalmente muy pequeñas, los espesores varían desde algunos centímetros hasta 20 cms. de mineral. La extensión horizontal nunca fué encontrada importante, la veta más grande del yacimiento «Los Nacimientos» no tiene más de 20 m. de largo y una profundidad de 80 m. (espesor máximo 15-20 cm.)

Existen, como ya dije, en numerosos lugares vetitas de esta clase, diseminadas por una región que abarca por lo menos 250 km. de norte a sur y tal vez mucho más, pero en ninguna parte se encontró un verdadero yacimiento, es decir, que saliera de la clase que sólo tiene interés

para el conocimiento mineralógico del país. El más grande es el que mencioné de «Los Nacimientos» cerca de Bisvil, ya lo he descrito detenidamente, pero quiero repetir, que la calidad de este mineral es de 32-48% de Fe, rara vez alcanzó 65% Fe. Contiene mucha ganga de clorita y cuarzo. Calculé la existencia de esta mina en 4,000 toneladas de mineral como máximum, contando también el que ya está explotado.

Como veremos más adelante el valor económico de estos yacimientos es casi nulo.

El macizo de granodiorita de Muschaca - Capillitas y las sienitas de Amanao no se distinguen del macizo del Aconquija en cuanto a yacimientos de hierro. También se observaron varias vetitas de hematita en su alrededor, pero no son de importancia.

La génesis del mineral de hierro de estas dos regiones mencionadas, corresponde a la fase pneumatolítica hasta hidrotermal, las sucesiones observadas son las siguientes:

hematita, cuarzo—siderosa
clorita, cuarzo—hematita.

La mineralización es bastante uniforme y no ofrece nada de nuevo.

El macizo del granito *San Salvador—Tinogasta* se distingue notablemente por los yacimientos que aparecen en su alrededor entre los cuales hay que mencionar varios estañíferos y en el borde oeste una serie de yacimientos de contacto, que se diferencian de los arriba mencionados por su mineralización y también por su mayor extensión.

Los yacimientos de mineral de hierro de Tinogasta

La situación geológica de esta región es a grandes rasgos como sigue: el valle de Fiambalá hasta Tinogas-

ta corresponde a una línea de cambios de rocas. Las formaciones del este consisten en esquistos cristalinos antiguos con cuerpos intrusivos del mencionado granito, tipo San Salvador, mientras que las formaciones del oeste consisten en series potentes de rocas sedimentarias de edad mucho menor.

De Tinogasta al noreste se extiende un valle ancho. Al sur de éste se encuentra el macizo de granito del tipo San Salvador con varias Sierras pero de un carácter relativamente uniforme: de la cuesta Zapata hasta Londres la roca no varía, siempre se encuentra el mismo granito rojo, de grano medio grueso.

Las formaciones al norte del valle son muy distintas. Esta Sierra podemos denominar Sierra de San José, hasta Indio Parado (la punta más dominante de estas Sierras); en ésta encontramos el mineral de hierro.

Las formaciones más antiguas, probablemente precámbricas, consisten en paragneises y micaesquistos como las que hay cerca de San José. Más el norte encontramos gneises con anfíbol, que forman capas cuyo espesor es a veces de más de 2,000 m. En varios puntos encontré rocas con aspecto de cuarzofilita, sin poder decidir si se trataba de capas más jóvenes o de «diaphthoritas» (rocas que por efectos tectónicos adquieren un aspecto de menor cristalinidad). En estos esquistos pueden distinguirse fácilmente los dos grupos principales:

gneises y micaesquistos.
gneises con anfíbol.

Se encuentran varias rocas eruptivas, o mejor dicho, dos cuerpos de un granito rojo con una parte desarrollada o solidificada cerca de la superficie: pórfido cuarcífero; además rocas básicas: gabro y posible-

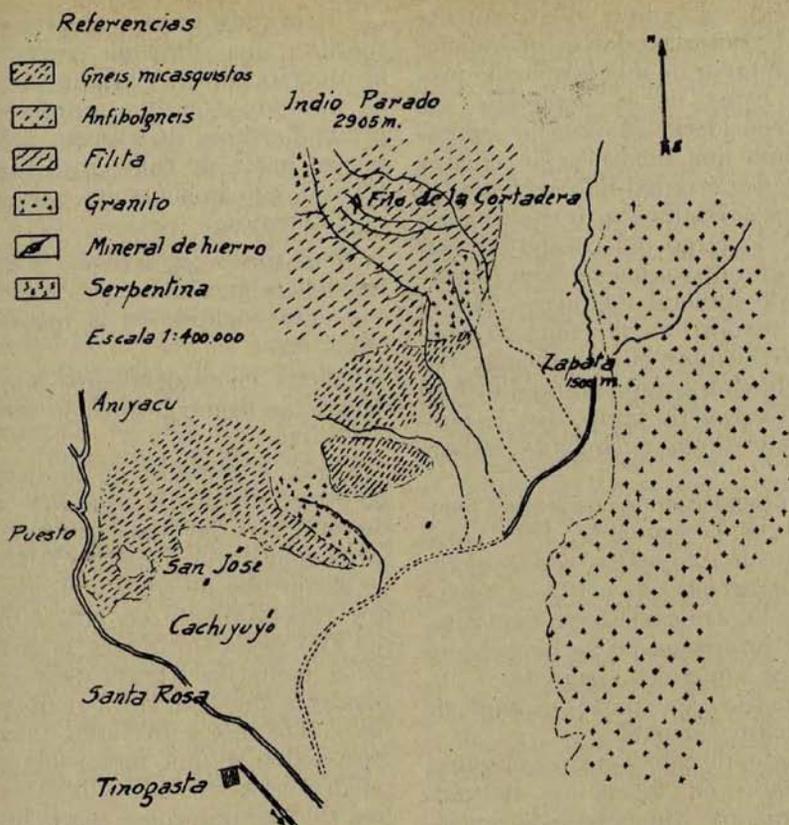


Figura N.º 1.—Bosquejo geológico del yacimiento «Filo de la Cortadera».

mente diorita; aparecen varias rocas filoniformes como ser: basalto de mucho menos edad y serpentina de edad indeterminada.

Una división de estas rocas, por edades, sería como sigue:

Paragneis	Arcaico
Micaesquistos	
Hornblendegneis	
Anfibolita	
Filitas	
Granito	Precámbrico?
Pórfido cuarcífero	
Gabro	
Basalto	
Serpentina y Peridotita.	

He revisado el mapa de W. PENCK, pero las rocas realmente encontradas no corresponden a la denominación de PENCK, sin embargo, éste tiene el mérito de haber descubierto el gabro. La posición del granito de la Sierra de San José de Tinogasta es bastante segura. Una descripción detallada se publicará próximamente, aquí sólo quiero mencionar que R. BEDER ha encontrado vestigios de vidrio en este granito, es decir incluido en los feldespatos. La presencia de vidrio, la aparición de un pórfido

cuarcífero, el grano relativamente fino del granito, todos estos indicios hablan a favor de una formación producida cerca de la superficie. Se puede considerar al pórfido cuarcífero como una modificación efusiva del granito; éste habría perforado los esquistos cristalinos e intrusados en ellos. A lo largo del cuerpo intrusivo del granito se encuentran formaciones de mineral de hierro. No se hallan siempre en el contacto mismo, pero siempre en su cercanía. Estos yacimientos aumentan en el Filo de la Cortadera tanto, que se puede hablar de un yacimiento importante.

La mineralización de estos yacimientos es la siguiente. Una parte consiste en magnetita con minerales de paragénesis de contacto, mientras que la otra consiste en hematita. Para el primer grupo se han encontrado los minerales siguientes:

Magnetita, en parte espinel de color negro, hematita.

Granate, de color marrón oscuro, cristalizado en forma de deltoidicositetraedros, típica para formaciones de contacto.

Epidota, de color verde oscuro,

Calcita, de color blanco, ligeramente azulado de grano medio grueso, siempre recrystalizada o como formación nueva.

Esta asociación de minerales es característica en las formaciones de contacto y podemos suponer para éstas la misma temperatura que la correspondiente a las formaciones pneumatolíticas de altas temperaturas; ejemplos típicos de esta clase se han observado en la veta «Bri-zuela» a mitad camino entre Tino-gasta y el Filo de la Cortadera, además, en varios otros puntos a lo largo del contacto y en mayor escala en el mismo Filo de la Cortadera.

El segundo grupo consiste en hematita, una máxima parte tiene el aspecto laminar, brillante; la otra se presenta con una estructura de grano finísimo, de aspecto gris, con partes hasta de color rojo oscuro, terroso, con la siguiente paragénesis de minerales:

Hematita roja, terrosa, con poca frecuencia laminar.

Caolín, incluido en la masa de la hematita.

Calcita, en escalenoedros, a lo largo de grietas, como formación reciente.

Cuarzo.

Según el aspecto de la hematita podemos distinguir una fase pneumatolítica, a la cual corresponde la formación de la hematita laminar y de grano fino de color gris, mientras que especialmente en el yacimiento del Filo de la Cortadera, la mayoría de la hematita terrosa debe corresponder a una transformación secundaria. Los restos de caolín quizás corresponden a una metasomatosis y pueden ser restos de feldespatos, que han sido reemplazados por la hematita, pero también podemos pensar que es un producto secundario y ha sido depositado en grietas como se observa para la calcita.

Tenemos pues 3 fases de formación en este yacimiento:

1. La formación de la parte de magnetita, correspondiente a una pneumatolisis bajo alta temperatura.

2. La formación de la hematita, asociada con otros minerales, como cuarzo y caolín (originalmente feldespato?); esta fase corresponde a una temperatura más baja que la anterior, sin embargo, podemos pensar en formaciones pneumatolíticas.

3. La transformación secundaria del yacimiento en hematita roja te-

rosa, con calcita, caolín y cuarzo, que aparece a veces en grietas independientes, de estructura radial y se presenta como formación por soluciones acuosas a baja temperatura.

Hemos visto que los yacimientos de hierro aparecen en el contacto con el granito, sea inmediato o más lejano. El macizo granítico más potente tiene un diámetro de cerca de 2 km. no hay a proximidad cuerpos más grandes, aunque podemos suponer que el macizo de San Salvador—Londres está en conexión con los cuerpos de la Sierra de San José de Tinogasta. No podemos comprobar una diferenciación magmática, aunque aparece un gabro en el yacimiento El Filo de la Cortadera, pero puede ser que éste, que consiste en un dialag con feldespato, sea el producto diferenciado de un magma granodiorítico, aunque no tenemos comprobantes. No hay indicios que permitan sentir la existencia de una diferenciación magmática del gabro, porque es mucho más reducido en su extensión que el granito y

no contiene magnetita en forma concentrada. La formación pneumatólica se puede explicar mucho más fácil por el granito. La edad relativa entre el granito y el gabro no se puede determinar con seguridad, pero es probable que el gabro sea algo más joven que el granito y que el mineral de hierro sea más joven todavía que los otros dos. Podemos representar la formación de estos yacimientos por el siguiente gráfico.

Entre estos yacimientos el más grande es el llamado «Filo de la Cortadera», situado a una distancia de 25 km. al norte de Tinogasta; el camino hasta la mina tiene de 30 a 35 km. de largo, la altura sobre el mar es de 2,500 m.

La forma general de estos yacimientos es un cuerpo lenticular, o vetas, el «Filo de la Cortadera» es lenticular, pero irregular, con caída muy inclinada al norte entre granito y hornblendegneis, el largo total es de 225 m., el espesor en su máximo de 30 m. Los trabajos de

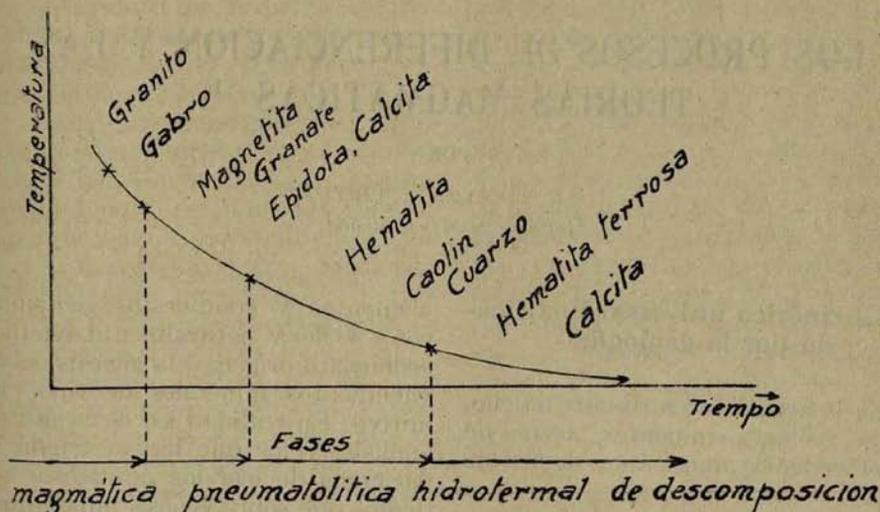


Figura N.º 2.—Formación y sucesión de los minerales del yacimiento «Filo de la Cortadera».

exploración no llegaron a mucha profundidad, pero durante los trabajos que alcanzaron hasta los 18 m., el ancho del cuerpo no disminuyó.

Además se observó una roca filoniforme de edad más joven (una anfíbolita) y grietas con calcopirita de formación mucho más reciente y bien separadas en cuanto a su génesis, de poco espesor y que atraviesan al yacimiento de hierro y a la sierra madre.

Como ya mencioné, el yacimiento está compuesto de dos partes, según su composición de magnetita y hematita. Calculo que la cuarta parte consiste en magnetita y tres cuartas partes en hematita. Prevalece en este yacimiento la hematita roja, terrosa, pero todavía no se puede decir cómo se presentará el yacimiento en la profundidad.

La composición química de los minerales de hierro, es la siguiente:

	1.	2.	3.
Fe ₂ O ₃ total (FeO+Fe ₂ O ₃)	82.40	68.80	90.87
SiO ₂	7.79	24.51	7.31
TiO ₂	—	—	—
Al ₂ O ₃	9.26	5.44	0.97
MgO.....	—	—	—
CaO.....	1.22	rastros	rastros
MnO.....	0.19	0.03	0.03
P ₂ O ₅	—	—	—
S.....	—	—	—
H ₂ O.....	0.31	1.77	1.15
Sumas.....	101.17	100.55	100.54%
Fe.....	57.68	48.72	63.57%
Peso específico.....			4.744

La muestra N.º 1 contiene magnetita, hematita, espinel, etc. y proviene de la parte más rica en magnetita.

Las muestras N.ºs 2 y 3 provienen del socavón 0 y contienen hematita y ganga.

Término medio, podemos calcular el hierro contenido en el mineral, en 56.5%, éste es de alta calidad por carencia de azufre y poca ley de fósforo.

(Continuará).



LOS PROCESOS DE DIFERENCIACION Y LAS TEORIAS MAGMATICAS (1)

POR

JUAN HERESA Y ORTUÑO

Ingeniero de Minas, Madrid.

I. La cinética universal justificada por la geología.

En la actualidad se discute mucho, entre geólogos eminentes, acerca de la procedencia magmática de ciertos

elementos y compuestos geoquímicos y se lleva, naturalmente, esa procedencia u origen, a la génesis de los yacimientos minerales de tipo primitivo. En realidad así es en último análisis, y los que hayan tenido la paciencia de leer los numerosos artículos que sobre génesis mineral hemos publicado en esta Revista, ha-

(1) De la Revista Minera Metalúrgica y de Ingeniería, Madrid, Nov. 8 y 16, Dic. 8 y 16 de 1926.

brán observado nuestro radicalismo en este sentido.

Ahora bien; nosotros colocamos en plano superior el concepto *primitivo* al concepto *magmático*, porque la sola etimología de la primera palabra lo expresa todo, mientras que el concepto contenido en la segunda queda un poco borroso e indefinido en tanto no se sepa qué cosa es un magma. Más aún; para definir un magma, y más adelante trataremos de esta importante cuestión, no puede prescindirse de incluir en la definición el concepto de primitivo, para los elementos o compuestos que lo forman, y por consiguiente, queda plenamente demostrada nuestra opción por el primer concepto.

Cuando todavía se duda por algunos geólogos acerca de la procedencia primitiva o magmática de ciertas aguas mineralizantes y cuando la mayoría de ellos, por no decir la totalidad, buscan todavía para el anhídrido carbónico orígenes enrevesados y dudosos, nosotros, en nuestra teoría general metalogénica, basada en la combustión de hidrocarburos, hemos señalado como primitiva la procedencia de tan importantes compuestos metalogénicos.

Los incesantes progresos de la Química Física y nuestra concepción cinética del Universo, nos autorizan para adoptar ese punto de vista; y sin insistir ahora sobre argumentos de este orden, que habremos de aportar más adelante, preguntamos: ¿hay o no hay inconveniente en admitir la procedencia primitiva de los anhídridos, silíceo, bórico, fosfórico, arsénico, antimónico, etc., como debida a la combustión de los hidruros correspondientes? En realidad no sabemos lo que pensarán acerca de esta importante cuestión la mayoría de los geólogos; para esa mayoría es in-

dudable la procedencia magmática del anhídrido bórico sin precisar si hay o no progenitores; para el fósforo hay sus más y sus menos en cuanto a la procedencia y para el anhídrido silíceo se da por supuesta su procedencia primitiva y primordial sin entrar en más averiguaciones. Por nuestra parte medimos con igual rasero a todos los hidruros, y por el moderado calor de formación de muchos y el negativo de los más señalados, es evidente que son los compuestos estables más adecuados para las condiciones de temperatura y presión que deben reinar en las zonas profundas, no ya de nuestro planeta solamente, sino de todas las asociaciones materiales en general; y, por consiguiente, estos compuestos de estabilidad profunda no pueden menos de ser los progenitores naturales del agua y de los anhídridos correspondientes. ¿Y habíamos de exceptuar en nuestro fuero interno a los hidruros de carbono o hidrocarburos, de esta regla general? En modo alguno.

Para decirlo todo hemos de agregar que nosotros admitimos la neoformación de elementos químicos en el seno de las grandes asociaciones materiales, y así, el oxígeno es un acompañante obligado de estos hidruros que entran en combustión en zonas más o menos profundas, según su grado de afinidad. El hidrógeno es un elemento de afinidades centripetas con una afinidad centrífuga característica: el agua. El oxígeno, en cambio, es elemento de afinidades centrífugas con una centripeta característica: el anhídrido silíceo. El primero absorbe la mineralogénesis profunda y domina en la capa exterior del planeta. El segundo se compromete en la mineralogénesis superficial y domina libre e inactivo en las zonas profundas del planeta esperan-

do el momento oportuno de intervenir en combinaciones químicas centrífugas.

El no admitir este punto de vista de las neoformaciones elementales, en el seno de la materia macroscópica, no autoriza, sin embargo, para rechazar, sin ulterior examen, nuestra teoría general metalogénica basada en la combustión de hidrocarburos, porque en los puntos de vista clásicos, basados en una reserva térmica original en el centro de nuestro planeta, subsiste, en toda su integridad, la necesidad de admitir como compuestos estables en esas zonas los endotérmicos y los de moderado calor de formación; es decir, hidruros en general en el fondo, fluoruros, cloruros y sulfuros en zonas más elevadas, pero también profundas y oxisoles, en la corteza exterior. La sola diferencia consiste en que el oxígeno geocentral es substituído en esas combustiones por el oxígeno llegado por vía centrípeta.

Para nosotros, sin negar la influencia de este linaje de combustiones, esta vía nos parece menguada; se nos antoja una barrera, o una limitación en la evolución incesante y sin límites con que debemos concebir la obra maravillosa del Universo. Y aquí nos vamos a empeñar en una digresión necesaria. Es tan interesante y sugestivo este asunto, que queremos decir algo acerca de nuestras intuiciones para arraigar en el espíritu la concepción cinética del Universo y la hipótesis de las neoformaciones atómicas en el seno de la materia macroscópica.

Sobre esto hemos dicho bastante en nuestros artículos de metalogé-
nia, pero es conveniente concentrar todas nuestras intuiciones y puntos de vista en los diversos órdenes geológico, termodinámico y mecánico.

En el campo de la geología hemos dicho, refiriéndonos a la Edad nebular de nuestro planeta, que la diferenciación de elementos químicos, totalmente concebida, hubiera llevado el hidrógeno, de una vez para siempre, a las capas externas del planeta, sin que hubiera habido posibilidad de incluir este gas en la zona central. Cuando los átomos están libres, la estabilidad dinámica exige su colocación por orden de densidades. La condensación ulterior no puede modificar este estado de cosas por lo que se refiere al hidrógeno, el cual, por su posición periférica y por las condiciones del medio, no puede comprometerse en combinaciones químicas. Pero en el centro, o con más propiedad, en las zonas profundas del planeta domina el hidrógeno y sus combinaciones con los metaloides, no tanto por lo que adivinamos acerca de las condiciones del medio, cuanto por lo que nos muestran los desequilibrios geodinámicos: luego hemos de admitir, en puro silogismo lógico, la neoformación de ese y de todos los elementos químicos en general. Podemos añadir, que siendo tan considerables las cantidades de energía necesarias para la formación de átomos, el espacio libre no es ambiente adecuado para ello y habremos de ver en las grandes asociaciones de materia, el lugar propio para esas formaciones. Sobre esto habremos de insistir más adelante.

Otro de los argumentos en el campo de la geología lo vamos a obtener de las consideraciones siguientes: Los puntos de vista clásicos nos muestran el interior del planeta como un gran recipiente lleno de flúidos colocados por orden de densidad.

Admitamos esa fluidez provisoriamente, siquiera sea en sentido figurado, y durante la época primaria

las erupciones hipogénicas están de acuerdo con esta concepción, porque esas emisiones crecen de densidad desde el granito a las peridotitas.

Parecía lógico que luego, al reanudarse estas emisiones en períodos terciarios, tuviéramos rocas de mayor densidad que las peridotitas. La expulsión de flúidos de un recipiente donde están contenidos en cantidad originalmente invariable, y colocados por orden de densidad, así lo exige. Sin embargo, no ocurre del modo previsto o presupuesto, por el contrario, volvemos con las traquitas al grado de acidez de los granitos y llegamos, con los basaltos y picritas, a rocas de gran basicidad. Con la imagen del recipiente parece como si se hubiera vaciado en la época primaria, llenado en la secundaria y vuelto a vaciar durante la terciaria. En todo caso surge la idea de neoformaciones magmáticas, y por consiguiente, la de neoformación de elementos químicos. Lo que llamamos estados físicos de la materia, sólido, líquido y gaseoso, son estados cinéticos de movilidad creciente. En las zonas profundas del planeta dominan enormes temperaturas y presión. La temperatura facilita la fluidez, pero la presión la dificulta, o al menos la limita. La presión opta por la solidez, pero la temperatura la limita.

El estado de la materia, en las zonas profundas del planeta, será una especie de fluidez estática, es decir, un estado de gran capacidad energética debida a la cinética molecular, pero sin movimiento tumultuoso de conjunto. Se concibe fácilmente que un desequilibrio en la corteza (y tiene que producirse necesariamente por la incesante acumulación de energía), origine una verdadera explosión energética y la materia que contiene tan gran cantidad de energía acumulada

no puede salir de otro modo que en estado flúido. La materia en ese estado es un explosivo y su mecanismo es el mismo; es un compuesto o asociación material de enorme poder endotérmico que busca un equilibrio estable con producción de compuestos exotérmicos, entre los cuales, quizá por acción de masa entre las producciones primitivas, dominan los silicatos. Los magmas eruptivos son algo que se forma en el camino como restos de combustión de la máquina explosiva. No quiere ello decir que el fenómeno eruptivo sea esporádico, ni siquiera localizado en cuanto a las condiciones internas. Las zonas internas del planeta están en igualdad de condiciones energéticas y la localización en regiones determinadas está señalada, como en la teoría clásica, por las condiciones geológicas de la corteza más propicias a manifestarse en las zonas débiles, fáciles al hundimiento ulterior. El mecanismo de la teoría clásica que atribuye a la tensión de gases la expulsión de las materias líquidas es notoriamente inverosímil, o cuando menos deficiente, porque si los productos flúidos están colocados por orden de densidades, no hay razón para que los gases, colocados en la parte superior, y por consiguiente, los primeros en salir, empujen a los líquidos situados por debajo. La salida es natural y energética, como la caída del grave es también natural y energética. Este busca su equilibrio máximo de un modo centrípeto, y las combinaciones geoquímicas lo buscan de modo centrífugo, pero en los dos casos hay cesión o conversión de energía potencial en actual, o si se quiere, de energía cinética microscópica en energía cinética macroscópica.

Otro argumento para arraigar la teoría cinética en el campo del espí-

ritu lo suministra el grado geotérmico. De ello hemos tratado en otra ocasión, pero en esta hemos convenido en poner de manifiesto toda la argumentación que hemos ideado para llegar al fin que nos proponemos.

Si el calor central está constituido por una dotación original y limitada, es lógico que en su propagación los efectos térmicos vayan disminuyendo de un modo centrífugo. La única duda que surge en esta hipótesis, es, la de si no ha sido bastante dilatada la vida geológica del planeta para producir el enfriamiento total por agotamiento de la reserva original. Pasemos esto por alto y consideremos la segunda hipótesis.

Si el calor se genera por vía centrípeta en las grandes asociaciones materiales merced al juego cinético del agente universal, o *protoátomo*, su distribución crece de la periferia al centro coincidiendo con la de la primera hipótesis. Hay, pues, petición de principio al menos aparentemente. Pero vamos a demostrar que los hechos se pronuncian en favor de esta segunda hipótesis.

En efecto: todo fenómeno energético se produce en el Universo por el más corto camino. La ley de la menor acción es ineludible en todo fenómeno físico. Dedúcese de aquí que la propagación del calor central no debe ser uniforme, ni mucho menos, en la corteza terrestre desde el momento en que hay una diferencia de 16 kilómetros entre las grandes profundidades oceánicas y las alturas montañosas del mismo orden; 16 kilómetros en relación con 70 de espesor medio de corteza no tienen nada de despreciables para que el flujo se establezca, no ya preferente, sino exclusivamente hacia las grandes profundidades oceánicas.

A mayor abundamiento, en las grandes cotas terrestres dominan temperaturas medias muy bajas, por lo tanto, las temperaturas en el interior de los grandes macizos montañosos deberían correr parejas con estas circunstancias. No sucede así, sin embargo, y el grado geotérmico crece con igual regularidad a partir de cualquier cota terrestre. No hay más perturbaciones que las debidas a la proximidad de centros eruptivos, pero fuera de esto domina una uniformidad perfectamente explicable con una génesis centrípeta debida a la energía cinética de un agente universal. Examinemos ahora otras cuestiones igualmente sugestivas.

II. La cinética universal justificada por la mecanicafísica

La teoría cinética que admitimos en punto a Cosmogénesis, no es algo concebido de un modo caprichoso para llegar a un fin determinado. Aparte los precedentes de Le Sage y de Pretto, patrocinadores de estos puntos de vista, justificamos en nuestro fuero interno esa concepción por una notable suma de consideraciones.

Ya en el capítulo anterior dijimos algo acerca de Geogénesis, manifestaciones eruptivas y de la interpretación que cabe dar al grado geotérmico en los puntos de vista clásico y cinético; y deducíamos que las apariencias están de parte del punto de vista cinético.

El principio de la Eutropia, que algunos físicos tratan de aplicar al Universo, nos suministra otra prueba a favor de la teoría cinética.

Se sabe por el principio de Carnot que el trabajo máximo W que se puede obtener de Q unidades de calor por medio de una máquina térmica

perfecta, o sea, la energía libre del fenómeno producido por el funcionamiento de la máquina, es:

$$W = Q \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Siendo T_1 y T_2 la temperatura inicial y la temperatura final, o sea, la caída de temperaturas, entre el generador de vapor y el escape de un modo teórico; es decir, con independencia de toda pérdida por radiación, frotamientos, etc., etc. Es esta ley de Carnot el rendimiento teórico de la unidad de calor en trabajo y depende o es proporcional a la diferencia de temperaturas.

Clausius, analizando el principio de Carnot, definió una función S . llamada eutropia igual a la relación del calor empleado en un determinado trabajo a la temperatura absoluta:

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Si la transformación del calor en trabajo pudiera cumplirse de un modo perfecto, este trabajo pudiera, a su vez, ser transformado en otro de sentido inverso, obteniéndose así un ciclo reversible. En la práctica eso no puede tener efecto, y hay una pérdida que W . Thomson calificó como disipación de la energía y la Eutropia de Clausius representa, precisamente, la cantidad de energía que no puede ser recuperada en forma de trabajo.

Se supone por algunos físicos que la energía disponible en el mundo disminuye constantemente, aumentando siempre la Eutropia. Ello obedece a considerar que en el mundo físico todos los procesos tienen lugar en un

solo sentido, y así, todos los cuerpos que le pueblan al llegar a un equilibrio de temperatura habrá desaparecido en ellos toda posibilidad de cambios energéticos. La pérdida, la degradación, la Eutropia, en una palabra, habrán llegado al maximum.

Nos encontramos en el caso de pedir humildemente perdón a los físicos eminentes que nos han colocado las cosas en este punto y creemos excesivo extender al Universo teorías matemáticas que van bien a sistemas materiales de más limitada extensión, y decimos «más limitada», porque bien sabido es que recientemente hemos convenido en limitar el Universo todo.

Admitámoslo, y ya es admitir, por lo que toca al espacio, pero es lo cierto, por lo que se refiere al tiempo, que el entendimiento humano, al menos el nuestro, considera el Universo con existencia infinita en el tiempo pasado y le concede igual virtud para el tiempo futuro.

Por consiguiente, si el principio de la Eutropia fuera de aplicación al Universo, haría ya un tiempo infinito que deberíamos haber llegado a la Eutropia máxima y al equilibrio de temperatura entre todos los cuerpos. Todo cuanto ocurre o debe ocurrir en el Universo lo hace en un tiempo finito, y por grande que sea este tiempo, se queda infinitamente detrás de la existencia sin límites del Universo en los tiempos pasado y futuro.

¿Y por qué los cuerpos que pueblan el Universo no se han puesto a un nivel térmico, supuesto que el hecho no debe ocurrir, sino que debió haber ocurrido ya? No hay más que un solo punto de vista, y es el de suponer, diríamos mejor, asegurar que renuevan constantemente su energía de fuente inagotable y extrínseca,

y no hay otro punto de vista sino el de admitir una teoría cinética en virtud de la cual el protoátomo material puebla todo el Universo moviéndose con velocidad inmensa y encerrando, de modo integral, todas las energías imaginables.

En el concepto que nos tenemos forjado de la fuerza tenemos otra prueba en pro de la concepción cinética del Universo.

En el mundo físico no hay más que dos entidades primarias, y por lo tanto, irreductibles, y son: la masa y el movimiento.

La síntesis inseparable de estos dos elementos, que nuestro entendimiento concibe de un modo abstracto nos da la energía, fuente única de todas las realidades o fenómenos de que es asiento y teatro del Universo.

Se define en Mecánica la fuerza como causa capaz de producir o modificar el movimiento, y mal podría dar la fuerza, o modificar, lo que en sí no tiene.

A juicio nuestro la fuerza pudiera definirse como el efecto *estático* de la energía *cinética*. Decir energía cinética es una redundancia; porque la energía es siempre cinética, pero hemos creído conveniente ponerlo así de manifiesto porque no obstante seguimos empleando, por inteligencia, o comodidad, los términos de energía potencial, cinética, mecánica, química, térmica, magnética, eléctrica, radiante, etc., etc., pero bien entendido que todas esas formas son cinéticas en último análisis, porque en la síntesis, a que antes hemos aludido no falta nunca el movimiento, el cual es una pura abstracción sin algo que se mueva.

Decir que la fuerza es el efecto estático de la energía cinética, es aparentemente, una paradoja, pero nada

más que aparentemente, porque ese es el caso en la realidad.

En efecto, según la teoría cinética de los gases, la presión ejercida por un gas sobre las paredes del recipiente que le contiene es debida a los choques de las moléculas que, como es sabido, están animadas de rapidísimos movimientos de traslación, de tal suerte que las variaciones de presión están determinadas constantemente por las variaciones en la cantidad de movimiento. Pudiéramos, pues, escribir

$$p = m \frac{du}{dt} = \frac{d}{dt}(mu)$$

siendo u la velocidad con que se mueven todas las moléculas en un gas supuesto perfecto.

Para materializar de algún modo el fenómeno supongamos un cubo de volumen v y de arista a . Como las moléculas de velocidad u se mueven desordenadamente en todas direcciones, nosotros podemos descomponer esa velocidad en tres direcciones normales a las caras del cubo y obtendremos velocidades u_x , u_y y u_z .

Una molécula de masa m que se dirija a una cara normal al eje de las x en el sentido positivo poseerá una cantidad de movimiento mu_x y como suponemos una elasticidad perfecta será rechazada con una cantidad de movimiento $-mu_x$ habiendo, en definitiva, una variación en la cantidad de movimiento de $2 mu_x$. El número de choques sobre esa cara, en la unidad de tiempo, será evidentemente habiendo llamado a a la arista del cubo $\frac{u_x}{2a}$ y la variación de la cantidad de movimiento en la unidad de tiempo.

$$2 mu_x \cdot \frac{ux}{2a} = \frac{mu_x^2}{a}$$

Para los otros ejes tendríamos

$$\frac{mu_y^2}{a} \text{ y } \frac{mu_z^2}{a}$$

y el efecto total de la molécula sobre las seis caras del cubo será:

$$\frac{2m}{a} (u_x^2 + u_y^2 + u_z^2) = \frac{2mu^2}{a}$$

Si hay n moléculas de gas encerradas en el cubo la fuerza total ejercida sobre las 6 caras del mismo será:

$$p = \frac{2nm u^2}{a} : 6a^2 = \frac{nm u^2}{3a^3} = \frac{nm u^2}{3v}$$

o lo que es lo mismo

$$pv = \frac{1}{3} nm u^2 = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} mu^2 \right) = \text{const.}$$

es decir, la ley que empíricamente fué formulada por Boyle y Mariotte y que la teoría cinética de Maxwell ha venido a legitimar de un modo racional.

Como a temperatura constante mu^2 y, por lo tanto, la energía cinética son constantes, lo es también la presión, la cual viene a ser, en todo momento, un efecto estático de la energía cinética contenida dentro del cubo.

La presión es, pues, algo que permanece constantemente fijo sobre las caras del cubo y efecto de la energía. A cada variación de régimen en la energía habrá una variación en la presión; pero ésta, lejos de ser causa

de movimiento, es efecto del mismo, o más propiamente de la energía, que es en definitiva la causa de todos los movimientos. Es claro que estos efectos estáticos de la energía o fuerzas, son, en todo caso, proporcionales, a esas energías, y, por lo tanto, pueden servir de medida cómoda para las mismas; pero eso no puede servirnos de excusa para aclarar y definir convenientemente los conceptos en el orden físico.

Supongamos que abrimos la llave en una caldera para hacer llegar el vapor a un cilindro que trabaja a plena presión. Decimos que el émbolo se mueve en virtud de esta presión pero en realidad se mueve por una transmisión de energía que le presta la cinética del vapor y que posibilita aquella otra que la máquina trata de desarrollar. La presión acompaña constantemente, con un valor constante también, a la cara del émbolo como efecto estático de la energía cinética del vapor. (En realidad, la presión no es constante teóricamente, aun cuando trabaje a plena presión, porque el sistema caldera, tuberías y cilindro sufre en definitiva una variación de volumen y, por lo tanto, de presión pero en la práctica y en los cálculos podemos considerarla como constante, como si el cilindro estuviera en comunicación con un depósito de vapor de capacidad infinita).

La presión no es una energía, y, por lo tanto, mal podría dar origen a otra energía; es una especie de enlace, o efecto necesario, entre la energía inicial y aquella otra en que se transforma.

Consideremos ahora la fuerza de inercia.

Yo voy en un vehículo que se mueve con una cierta velocidad. Yo soy asiento de una energía del orden de las que llamamos potenciales; pero

en realidad esta energía, es como todas, cinética o de movimiento, porque el hecho es que yo varío de lugar en el espacio con una cierta velocidad.

Yo, que estoy inmóvil con relación al vehículo, digo: almaceno una cierta suma de energía potencial. El que me ve desde fuera dice: ese que va dentro del carruaje lleva una cantidad considerable de energía cinética. El carruaje para bruscamente y yo salgo despedido del mismo. ¿Por fuerza de inercia? No; por energía cinética. El carruaje ha parado bruscamente, pero yo no hago más que continuar mi historia cinética parada en el mismo instante en que trató de ser interrumpida y voy a consumir esta energía estrellándome contra un obstáculo.

Si en el momento mismo de parar el vehículo se pone en contacto conmigo un obstáculo cualquiera, éste, y yo por reacción, experimentamos una cierta presión que mide el efecto estático de esta energía o, en definitiva, la fuerza de inercia.

Si el obstáculo fuera un dinamómetro, mediría el número de kilogramos del efecto estático. Los efectos dinámicos, o energéticos, se miden en kilogrametros. Faltando en la fuerza la cualidad de movimiento, mal puede producir ni modificar lo que en sí no tiene y cuya virtud es exclusiva de la energía.

Consideremos ahora un régimen aerostático y es evidente que tomamos un punto de vista macroscópico, porque, desde el punto de vista microscópico, el régimen, en toda masa, sea de gas, sólido o líquido, es siempre dinámico o cinético. Pues bien; consideremos en ese régimen aéreo un globo cautivo que supondremos, teóricamente, sin peso. Es sabido que el globo sufre una pre-

sión de abajo arriba equivalente al peso del fluido que desaloja. Pero cinéticamente podemos interpretar el fenómeno con arreglo a esta teoría, según la cual, el estado térmico o cinético de las partículas gaseosas situadas en la zona inferior del globo es mayor que el estado cinético de las partículas gaseosas situadas en la mitad superior, y conviene advertir, para que no haya anfibología, que nos estamos refiriendo a las partículas gaseosas de la atmósfera, y no al gas contenido en el globo.

El globo, pues, experimenta, en toda su superficie, un bombardeo análogo al que es característico para toda masa gaseosa cuya presión, por unidad de superficie, esencialmente variable, mide el efecto estático de la energía cinética correspondiente. Si dejamos libre el globo sube verticalmente con una fuerza ascensional decreciente medida por el efecto estático de una energía cinética que decrece también constantemente. Si poseídos nosotros de este régimen y de los efectos que necesariamente debe originar, vemos que el globo deriva o se desvía de su trayectoria natural y necesaria en régimen aerostático, concebimos inmediatamente que una corriente de viento lo impulsa en su nueva dirección. Pero una corriente de viento es una energía cinética, la cual origina sobre el globo el efecto estático o fuerza correspondiente. Pudiéramos poner más ejemplos sobre fuerzas y siempre podríamos considerarlas como efectos estáticos de energías proporcionales correspondientes.

Por consiguiente, no es incorrecto, vista esa proporcionalidad, sustituir la fuerza por su energía correspondiente; lo único incorrecto es decir que la fuerza es capaz de producir o modificar el movimiento, cuando la

verdad del fenómeno es que la fuerza representa, o es el efecto del movimiento, o con más exactitud, de la energía cinética.

Todas estas consideraciones han sido necesarias para concluir que el peso de los cuerpos, fuerza típica, que sirve de medida para todas las fuerzas, debe ser también, en todo caso y momento, el efecto estático de una energía cinética invisible, pero existente y medible por su efecto. Si yo coloco un peso en mi mano, experimento una presión, lógica reacción del peso. Si le cuelgo de una cuerda, ésta sufre una tensión como reacción del peso.

Presión, peso y tensión son cosas equivalentes e iguales numéricamente a ese efecto estático de una energía invisible que no puede ser otra que la acción de un agente universal e invisible, pero que hay que admitir para explicar estos efectos.

Nosotros, por la interpretación que hemos dado del grado geotérmico; por la no aplicación del principio de la Eutropia al Universo y, sobre todo, por este concepto que de la fuerza nos forjamos en todos los casos, hemos tratado de justificar y legitimar la hipótesis de Le Sage de los corpúsculos ultramundanos establecida con vista y propósito de explicar la gravitación universal.

Es claro que esos corpúsculos son ultramundanos si consideramos el mundo concentrado en nuestro planeta. De otro modo esos corpúsculos o protoátomos, con su masa y su movimiento, o, lo que es lo mismo, con su energía, son el origen de todas las energías contenidas en el Universo y, por lo tanto, del Universo mismo.

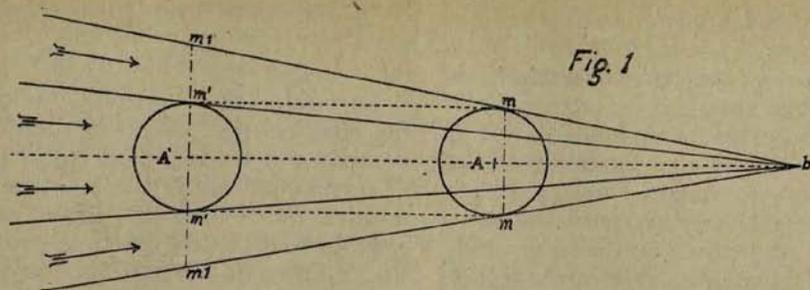
Diremos algo en el capítulo siguiente acerca de los oscuros fenómenos de protogénesis material.

III. SOBRE PROTOGÉNESIS MATERIAL.

La unidad de la materia y el estado cinético del átomo elemental o protoátomo bastan para explicar, o al menos concebir, la estructura dinámica del Universo. Algún autor partidario de teoría cinética, como el Dr. Olinto de Pretto, atribuye al éter esa misión cinética. Todo ello es cuestión de nombre, como fácilmente se comprende; pero como el éter ha sido concebido en Física con cualidades que habrían de ser modificadas para hacerle servir como agente universal, vale más adoptar la denominación de protoátomo para ese agente que, en definitiva, debe poseer en grado límite todas las cualidades que atribuimos a la materia, y así debe estar dotado de masa inerte de la máxima velocidad imaginable, y no debe filtrar, como el éter, de un modo absoluto a través de cualquiera porción de materia por grande que sea, sino que debe chocar con sus homólogos prisioneros en la materia y ceder energía a costa de la suya propia, dejando así, en el seno de las grandes asociaciones de materia, esos depósitos o acumulaciones de energía que son el signo característico de las mismas.

La teoría cinética justifica la atracción universal y no como propiedad intrínseca de la materia, sino como cualidad extrínseca a la misma.

Si en el espacio hubiera una sola aglomeración material, el agente universal, azotándola en todas direcciones con igual intensidad, la haría permanecer indefinidamente inmóvil, puesto que el efecto estático o presión del protoátomo, sería el mismo en los dos sentidos opuestos de la misma dirección. Pero este no es el caso en el Universo, y la presencia



de varios cuerpos trae aparejada una aparente acción mutua entre los mismos. Si consideramos dos cuerpos cualesquiera, es fácil ver que esa acción es proporcional a las masas e inversa del cuadrado de las distancias. El agente universal o protoátomo penetra, total o parcialmente, en las asociaciones materiales según sea su tamaño; pero sea total o parcial esa penetración, la acción es siempre proporcional al volumen y, por lo tanto, a la masa y es inversamente proporcional al cuadrado de las distancias (fig. 1.^a), porque la acción de un cuerpo *A* sobre un cuerpo *b*, podemos considerarla como la acción del cuerpo *A* sobre cada uno de los puntos del cuerpo *b*.

La acción del cuerpo *A* sobre el punto *b* está determinada por el efecto estático que el protoátomo ejerce sobre el cuerpo *A*, y fácil es ver que ello corresponde a los protoátomos encerrados en la superficie cónica, cuyo vértice está en *b* y cuyas generatrices son tangentes a la superficie de *A*.

Pero si *A* dobla su distancia respecto a *b* viniendo a colocarse en *A'*, es fácil ver que la acción queda disminuída en la misma proporción en que se encuentran las superficies de $m' m'$ y $m_1 m_1$, es decir en la proporción de 1 a 4.

La determinación de las dimensio-

nes cinéticas del protoátomo es un problema imposible en el estado actual de nuestros conocimientos, pero sabiendo que el peso de los cuerpos es el efecto estático de la energía cinética protoatómica, podemos determinar, validos de la fórmula fundamental de la teoría cinética y asignando al protoátomo la velocidad de la luz, la masa actuante de protoátomos que contribuye a producir el peso del átomo de hidrógeno.

La fórmula fundamental de la teoría cinética es como se sabe,

$$pv = \frac{1}{3}MU^2 \quad (1).$$

El segundo miembro es manifiestamente una energía cinética, luego el primero debe serlo también. La fórmula dimensional de una energía en el sistema C. G. S. es

$$[L^2] [M] [T]^{-2}$$

Ya hemos visto que los efectos estáticos se manifiestan como una presión superficial.

$$p = [L]^{-1} [M] [T]^{-2}$$

Pero para integrar el peso esa presión superficial debe extenderse al volumen del cuerpo considerado. Pa-

ra el caso es como si el cuerpo estuviera dividido en capas horizontales de espesor suficientemente pequeño. Cada una de las cuales experimenta la presión p y así debe ser, en efecto, toda vez que el agente universal o protoátomo tiene la facultad de filtrar a través de los espacios interatómicos e interprotoatómicos, y chocar con sus homólogos prisioneros en la materia, para producir el peso de los cuerpos; es decir, que tengo que multiplicar el volumen por la presión

$$[L]^{-1} [M] [T]^{-2} \times [L]^3$$

lo cual me da las dimensiones de una energía

$$[L]^2 [M] [T]^{-2}$$

para el primer miembro como es el caso para el segundo.

Resulta, en definitiva, que el peso se nos manifiesta como el efecto estático de la energía cinética representada en el segundo miembro de la ecuación (1).

La expresión dimensional

$$[L]^2 [M] [T]^{-2}$$

puede descomponerse o agruparse del siguiente modo

$$[M] [L] [T]^{-2} [L]$$

o sea $\text{Peso} \times L$, mas como L es la unidad de longitud, quiere ello decir que si la cifra que da el peso en gramos de un cuerpo la expresamos en ergios, que a tanto equivale multiplicar por la unidad de longitud, tendremos la energía que deberemos igualar al segundo miembro de la ecuación (1) para determinar el orden de magnitud de la masa M de

protoátomos en la hipótesis arbitraria de que éstos pudieran tener la velocidad de la luz.

Veamos los resultados aplicando esa relación al átomo de hidrógeno.

Según las determinaciones de Perrin, fundadas en los movimientos brownianos, la masa del átomo de hidrógeno en gramos es $1,47 \times 10^{-24}$ y, por lo tanto, el peso de este átomo será

$$\frac{1,47 \times 10^{-24}}{981}$$

siendo 981 la aceleración expresada en centímetros, y tendremos la relación:

$$\frac{1,47 \times 10^{-24}}{981} \text{ergios} = \frac{1}{3} MU^2,$$

o sea

$$M = \frac{3 \times 1,47 \times 10^{-24}}{981 \times 9 \times 10^{20}} = \frac{10^{-24}}{1962 \times 10^{20}}$$

igual aproximadamente a

$$\frac{1}{2 \times 10^{47}}$$

para la masa actuante de protoátomos.

La relación entre la masa del átomo de hidrógeno y la actuante de protoátomos sería

$$\frac{1,5}{10^{24}} \cdot \frac{1}{2 \times 10^{47}} = \frac{3 \times 10^{47}}{10^{24}} = 3 \times 10^{23},$$

es decir, que si tomamos la unidad decimal del orden inmediatamente superior, la masa del átomo de hidró-

geno sería un *cuatrillón* de veces mayor que la masa actuante de protoátomos en la energía cinética representada en el segundo miembro de la relación (1). Pero como la velocidad propia de los protoátomos será mayor que la de la luz, que al fin y al cabo es una manifestación secundaria de la energía primordial, y como por otra parte el número de protoátomos que concurren a integrar esa energía es incalculable, resulta, en definitiva, que el calculado es un límite de magnitud muy crecido para la masa del protoátomo. Hemos querido significar con este ejemplo, que admitiendo el protoátomo, no sólo como el elemento primario de una teoría cosmogénica pero también de una teoría material, el átomo de hidrógeno y el electrón son complejos materiales, muy complicados quizá, de ese elemento primordial, y la formación, no sólo de los átomos, sino de esos elementos que consideramos como primarios en el orden material (átomo de hidrógeno y electrón), sólo puede tener efecto en el seno de las grandes asociaciones materiales como ambientes exclusivos donde son posibles las enormes cantidades de energía necesarias para esas formaciones.

Siendo una la ley de gravitación para toda la materia, las energías puestas en juego para las asociaciones materiales se nos muestran tanto mayores cuanto menor es la entidad dimensional de los elementos que entran en el sistema, y así, la llamada clásicamente fuerza de gravitación, es decir, la que se ejerce entre astros o asociaciones materiales de máximo tamaño se nos aparece como la más débil de todas ellas. Sigue después la cohesión o fuerza que mantiene unidas entre sí las moléculas de los cuerpos. En seguida contrastamos las

fuerzas de afinidad química, o sea las que mantienen unidos entre sí los átomos para formar las moléculas y observamos que esas colisiones entre átomos van acompañadas de fuertes sumas de energía que unas veces se absorben y otras veces se desprenden. Sin perjuicio de desarrollar más tarde esta idea, diremos que las sumas de energías se desprenden cuando el compuesto es de estabilidad centrífuga y se absorben cuando es de estabilidad centrípeta. Referimos los compuestos al centro de las grandes asociaciones materiales donde se encuentran. Por encima de las grandes energías puestas en juego en las reacciones químicas, los fenómenos de radioactividad nos han puesto de manifiesto que esas energías son muy pequeñas en relación con las que se emplean en las formaciones atómicas, es decir, en la disposición diversa en que se sitúan las unidades de materia y electrones para formar los átomos de los cuerpos simples, energías millones de veces mayores que las puestas en juego en las reacciones químicas y que podemos considerar como de orden atómico.

Siguiendo la analogía podemos intuir que las energías necesarias para aprisionar protoátomos en electrones y unidades de materia deben ser de magnitud extraordinaria, y, por lo tanto, sólo en el centro de las grandes asociaciones materiales puede haber posibilidad para suministrar y transformar energías de orden protoatómico.

Por desconocidos que sean para nosotros los misteriosos fenómenos que dan lugar a esos equilibrios materiales llamados *protón* y *electrón*, o sea, unidad positiva y unidad negativa, debemos concluir, por exclusión, que sólo en el centro de las

grandes asociaciones materiales pueden tener lugar esas formaciones, porque solamente allí pueden integrarse las sumas de energía necesarias para ello.

Dentro del misterio que preside a la formación de esos equilibrios protoatómicos, podemos vislumbrar algo basados en el principio de acción y reacción que juntamente con el de menor acción preside los fenómenos físicos en el Universo. En efecto; es indudable que en esa zona de máxima energía donde tienen lugar esas formaciones, el agente universal o protoátomo tiene una cierta densidad media.

Desde el momento en que, por virtud de fenómenos desconocidos, hay una concentración de protoátomos para formar el protón o unidad positiva de materia, surge necesariamente la existencia de otras regiones especiales donde la densidad media de protoátomos se encuentra aminorada y el electrón representa, o puede muy bien representar, un estado de equilibrio protoatómico para las zonas o presiones donde la densidad decrece al minimum.

La unión de electrones con protones se presenta a nuestro espíritu como necesaria para restablecer la densidad media del ambiente. Los protoátomos exteriores no invaden el cuerpo del electrón, porque probablemente éste representa un estado de equilibrio dinámico de protoátomos que giran alrededor de un centro y la fuerza centrífuga, o el efecto estático de la misma, es la coraza que impide aquella invasión. La reacción centrípeta exterior puede muy bien representar la presión exterior de Poincaré. Sea ello como fuere, es lo cierto que los físicos reconocen como entidades con individualidad propia, el electrón y el pro-

tón, y en nuestros puntos de vista son complejos protatómicos que representan estados de equilibrio en las regiones donde la densidad media de protoátomos es mínima o máxima, respectivamente. Pero la disconformidad de los físicos empieza en el momento mismo en que hay que combinar protones y electrones para formar los átomos de los elementos químicos. Nosotros, por razones expuestas con anterioridad, somos partidarios de la concepción atómica del Dr. Acholme, director del Laboratorio en la Escuela de Estudios Superiores de París. La concepción dinámica de Rutherford-Bhor, aun cuando bella e ingeniosa, no responde a lo que nos enseñan los fenómenos de radioactividad, los cuales, en ningún caso nos muestran el átomo neutro, condición supuesta *a priori* en el modelo planetario.

La neutralidad es condición característica de la molécula, pero no del átomo.

Los átomos de los elementos químicos representan equilibrios más o menos estables, entre protones y electrones, y decimos más o menos estables, porque la valencia química, de naturaleza eléctrica, les obliga ulteriormente a comprometerse en combinaciones químicas, las cuales, saturando esas valencias, dan origen a los conjuntos moleculares. La abundancia relativa de unos elementos químicos con relación a otros, debe depender de la sencillez y simetría en la colocación de electrones y protones para formar el átomo; y así, el más estable de todos es el mismo protón o átomo de hidrógeno que entra en la formación de todos los demás y se caracteriza por su cualidad positiva.

El átomo de helio, tres protones con un electrón en el centro, es un conjunto de gran simetría y estabi-

lidad, y aun cuando no puede decirse de él que sea abundante en la Naturaleza al estado libre, se nos manifiesta en las desintegraciones radioactivas con sus dos cargas positivas. Debemos recordar que en la hipótesis del Dr. Acholme se supone la carga del electrón doble de la unidad positiva, y así el conjunto denominado átomo de helio posee dos valencias o cargas libres, y si en la Naturaleza se nos presenta como *nulivalente* e inactivo, débese a la facilidad de captar un electrón para anular sus dos valencias. El carbono, dos capas de seis protones con cuatro electrones, es un conjunto estable con cuatro cargas positivas libres que corresponden a su tetravalencia. El silicio, dos capas centrales con ocho protones cada una y dos de seis colocadas una por encima y otra por debajo de las dos anteriores; en total, 28 protones con 12 electrones quedando para valencia cuatro cargas positivas. El oxígeno está constituido por 16 protones y siete electrones, quedando libres dos valencias. Pudiéramos seguir del mismo modo señalando las representaciones estereográficas de los demás átomos de elementos simples, pero dada la complicación de los pesados se comprende su relativa escasez con relación a los más ligeros y de mayor simetría y sencillez. En el grupo oxígeno, azufre, selenio, telurio, calcio, estroncio, bario y radio, los elementos que siguen al oxígeno son, la mayoría de ellos, polímeros del oxígeno y todos del helio, el azufre y la molécula de oxígeno O^2 son isómeros.

Son muchas más las relaciones de este orden entre los elementos químicos y de algunos tendremos ocasión de hablar más adelante. De momento vamos a examinar los compuestos geocentrales.

IV. COMPUESTOS Y REACCIONES GEOCENTRALES

Muchos fenómenos oscuros en mineralogénesis los son por haber prescindido los geólogos, en su interpretación, de los principios generales de Química-Física que deben presidir en la realización de los mismos. Pondremos más adelante un ejemplo para fijar esta idea.

Digamos por de pronto que nosotros, al formular nuestras teorías metalogénicas, procuramos marchar de acuerdo con esos principios y con aquellos otros de absoluta generalidad que presiden la Dinámica Universal. Estos principios son, como ya hemos manifestado, el de menor acción de Hamilton y el de acción y reacción de Newton. Este último se llama ley de Lenz en Electrodinámica, o ley de Van't Holf y de Le Chatelier en Dinámica Química.

Los principios de conservación de materia y energía, que bien pueden fundirse en uno solo en una teoría cinética de Universo, es verdadero en sentido absoluto, es decir, aplicado al Universo entero, pero no alcanza ese grado de validez aplicado a sistemas materiales limitados. Si así no fuera, esa evolución incesante e infinita, que concebimos en el Universo, habría de ser sustituida por esa evolución limitada a que nos llevaría la aplicación al Universo del principio de la Eutropia.

La teoría cinética de Universo no vulnera, pues, el principio de conservación de masa y energía, puesto que le da validez absoluta y universal. Pero viniendo a sistemas materiales limitados, con anterioridad a la teoría cinética habían vulnerado ya ese principio los fenómenos de radioactividad y los de inercia de la energía radiante. En un sistema ais-

lado, como el sol, por ejemplo, no puede decirse que en dos instantes, separados en el tiempo, sean iguales las cantidades de materia y energía contenidos en el mismo, a menos que el principio de acción y reacción fuera aplicable a este linaje de fenómenos, y hubiera en todo momento compensación mutua entre las neoformaciones y las emisiones energéticas. Para sistemas más limitados, fuera del campo de la mecánica celeste, el principio tiene validez rigurosa si en el sistema no hay desintegraciones radioactivas apreciables, porque la provisión energética de un sistema depende, en último análisis, de la acción del protoátomo sobre la materia, y si ésta permanece invariable, aquella acción también lo será.

Decíamos al comenzar este capítulo, que muchos fenómenos geológicos permanecen sin la debida explicación, por no aplicar en la interpretación de los mismos, los principios científicos convenientes. Rosenbusch por ejemplo, determinó, de un modo empírico, que el orden de separación o precipitación de cristales en un magma silicatado sigue un orden de basicidad decreciente. Mr. Waldemar Lindgren, en su excelente tratado «Minerals Deposits» refiriéndose, a esta regla, y a sus numerosas excepciones, estima que son muchas las circunstancias que influyen en el orden de cristalización magmática, entre las cuales probablemente predominan la abundancia relativa y la solubilidad en el punto eutéctico. Es evidente que la concentración molecular, la temperatura y la presión influyen poderosamente en los equilibrios químicos, y por lo tanto, en el orden de precipitación de los compuestos en soluciones fluidas, pero se nos antoja que todo ello puede

sintetizarse y definirse de un modo más científico, y nosotros lo hemos intentado fundándonos en consideraciones termológicas y en el principio de acción y reacción. Según ello, llegamos a la siguiente regla: *La precipitación de los compuestos químicos, en disoluciones fluidas, sigue un orden de capacidad calorífica decreciente.*

Estas capacidades caloríficas las determinamos siguiendo la regla de Kopp, la cual, como es sabido, dice que la capacidad calorífica molecular de un compuesto sólido es igual a la suma de las capacidades atómicas de los elementos que entran en su composición. Kopp admite que la capacidad calorífica atómica de todos los elementos, a excepción de *O, H, Fl, Bo, Si, C, S y Ph*, es igual a 6,4; es decir, que todos, a excepción de los citados, siguen la ley de Dulong y Petit.

Para los ocho elementos exceptuados, Kopp, después de numerosas determinaciones tomó $O=4,00$, $H=2,40$, $Fl=5,00$, $Bo=2,7$, $C=1,8$, $Si=3,8$, $S=5,40$ y $Ph=5,40$.

Nosotros, como decimos, hacemos nuestras determinaciones fundados en esta regla de Kopp, y prescindimos de las capacidades caloríficas consignadas en tablas especiales, porque estas determinaciones se refieren a condiciones determinadas de temperatura y presión, mientras que las deducidas por aplicación de la regla de Kopp pueden considerarse como capacidades abstractas aplicables a condiciones medias. Así es, en efecto, porque el hecho de tomar 6,4 para capacidad calorífica a presión constante para los elementos químicos con excepción de los citados, supone implícitamente que se alcanzan temperaturas mayores que

la normal, porque si bien es cierto que hay elementos, como el plomo, que a volumen constante alcanza pronto el valor límite 5.956 calorías, la plata lo hace a 240°, el aluminio a 760°. El carbono no alcanza este límite en el dominio de las temperaturas experimentales, por lo cual, tanto para este elemento como para los demás citados hay que atenerse a las capacidades caloríficas ya manifestadas.

Digamos antes de seguir adelante que la calificación de *geocentral* aplicada a un elemento o compuesto químico tiene la significación de primitivo, pero emplearemos de preferencia aquella denominación ya que por su etimología no deja lugar a duda respecto al origen de los compuestos o elementos a que se aplique.

No quiere ello decir que esos cuerpos hayan sido engendrados precisamente en el centro del planeta, pero a esos efectos entendemos como concentrado en el centro todo cuanto está situado por debajo de la corteza.

Hagamos una aplicación práctica de la ley formulada más arriba y tratemos de determinar el orden de precipitación en una solución polisulfurada donde están contenidos los sulfuros más usuales.

A continuación ponemos en doble tabla las capacidades caloríficas determinadas por nosotros según la regla de Kopp a la izquierda, y las contenidas en las tablas de Abraham y Sacerdote a la derecha; estas últimas con los intervalos de temperatura a que se refieren las determinaciones. Las nuestras son válidas para temperaturas medias y altas. Las segundas expresan, como decimos, los intervalos que convienen bien a las temperaturas de las soluciones.

NUESTRAS		ABRAHAM Y SACERDOTE	
Fórmula	Capacidad	Capacidad	Temperaturas
Pirita FeS ₂	0 145	0 132	12° a 100°
Calcopirita Cu ² Fe ² S ⁴	0.137	0 127	12° a 100°
Milerita NiS.....	0.130	0 125	0° a 100°
Blenda ZnS.....	0.122	0 115	0° a 100°
Estibina Sb ³ S ³	0.110	0.084	23° a 99°
Argirosa Ag ² S.....	0.073	0.074	15° a 100°
Cinabrio HgS.....	0.051	0.051	2° a 49°
Galena PbS.....	0.049	0.049 a 0.054	12° a 100°

Como se ve, tanto una como otra tabla expresan bien el orden de precipitación. Los tres primeros sulfuros tienen potencia de reacción suficiente para encontrarse en inclusiones en las rocas hipogénicas. Hay, al parecer, una inversión en el orden de cinabrio y galena, pero ello, como decimos, es sólo aparente. En primer lugar, y fijándonos de momento en la determinación teórica nuestra, dada la menguada diferencia de capacidades, la sola acción de masa pudiera justificar la inversión, porque es evidente que en la Naturaleza abunda más la galena que el cinabrio; pero no es necesario esa consideración toda vez que en las tablas de la derecha tenemos capacidades para temperaturas más en armonía con las que deben dominar en las disoluciones de procedencia primitiva en las últimas etapas de su recorrido. Obsérvese, ante todo, que para *Ag*, *Hg* y *Pb* la determinación teórica coincide casi exactamente con la experimental, más para el *PbS* se dan capacidades variables de 0.049 a 0.054 y esta última supera a la del cinabrio 0.051.

Es, pues, seguro que el *PbS* está más dentro de la capacidad 0.054 que de la 0.049 y ello por dos razones; la primera y suprema es la de que así nos lo dice la Naturaleza en la distribución de esas menas, y en

segundo lugar, la razón ya dicha de que el *Pb* es uno de los metales que alcanza a más baja temperatura el valor límite a que se refiere la ley de Dulong y Petit.

Réstanos ahora hacer algunas consideraciones acerca del por qué es ese y no otro el orden natural de precipitación y ello ya está indicado más arriba desde el momento en que dijimos que la ley deducida por nosotros debe ir acoplada al principio de acción y reacción, o si se quiere, a las leyes de Van't-Hoff y Le Chatelier.

En efecto; toda progresión centrífuga de una solución de procedencia geocentral lleva consigo una disminución de presión y temperatura. Toda disminución de presión lleva aparejado un aumento de volumen y la reacción natural para disminuirle es una precipitación. La disminución de temperatura exige un aumento como reacción, y si hay posibilidad de reacciones exotérmicas, éstas se

cumplen necesariamente. En caso contrario, el movimiento de reacción más adecuado, es el precipitarse en primer lugar, el compuesto de mayor capacidad calorífica, porque así queda más cerca del origen de donde procede y de este modo el *geocentro* se defiende contra las influencias exteriores hacia las cuales caminan las disoluciones.

Con las consideraciones que preceden creemos haber dado cierto vigor científico, de acuerdo con los progresos de la Química-Física, a un buen número de fenómenos propios de la metalogenia sin más apoyo que el menguado e incierto de la mera observación.

Pero no es esto todo, y en el capítulo siguiente vamos a hacer aplicación de los mismos principios termológicos a la génesis de magmas primitivos o de procedencia geocentral.

(Continuará).



SECCION SALITRERA

EL PROBLEMA DEL NITROGENO (1)

POR

FRANCISCO GIORDANI

(Continuación)

C.—PROCEDIMIENTOS VARIOS

Junto con el procedimiento Haber-Bosch se han desarrollado otros en direcciones diferentes. Una primera idea fundamental seguida por numerosos investigadores, consiste en obtener buenas concentraciones de amoníaco en las mezclas gaseosas, mediante el empleo de catalizadores apropiados, que permiten una velocidad suficiente a la reacción, operando a temperaturas poco elevadas.

En este orden de ideas hay que mencionar los esfuerzos del "Fixed Nitrogen Research Laboratory" de Estados Unidos, que ha logrado trabajar en buenas condiciones a una presión de 100 atmósferas y a una temperatura de 375° C.

En este mismo sentido ha trabajado en Italia el profesor Giacomo Carrara, primero en colaboración con el ingeniero Zorzi y después solo; instaló un pequeño aparato de ex-

perimentación en su laboratorio de electroquímica de la Escuela Politécnica Real de Turín y obtuvo concentraciones de 5 a 6% de amoníaco a una presión de 100 atmósferas.

El profesor A. T. Larson ha publicado un cierto número de datos interesantes sobre diversos catalizadores, relativos a los trabajos realizados en el "Fixed Nitrogen Research Laboratory" de Washington. Hay que recordar también los informes del Dr. Fréjacques, sobre los trabajos realizados en París en el laboratorio del profesor Mantignon, en el "Colegio de Francia".

Se ha podido de este modo evidenciar el efecto muy favorable de la adición al fierro de óxidos de aluminio, de silicio, de zirconio, de cerio y de torio.

Larson ha puesto en relieve la acción de los "exaltadores" (aceleradores) combinados gracias a la unión de dos óxidos de propiedades químicas muy diferentes, por ejemplo de un óxido de carácter muy básico y de otro ligeramente ácido, tal como el K_2O y el Al_2O_3 .

(1) Memorias oficiales de la Sexta Conferencia Internacional de Química, celebrada por la Union Internationale de le Chimie pure et appliquées en Bucarest: 22-25 Junio 1925.— Véase Boletín Minero N° 333, 334 y 335 de Enero, Febrero y Marzo de 1927. (Traducido por el ingeniero de minas don Eduardo Nef A.

Una discusión sobre esta materia nos separaría mucho de nuestro objetivo y conviene solamente recordar aquí, que, entre las cualidades que debe presentar un catalizador, deben considerarse particularmente las siguientes: duración, insensibilidad a las impurezas de las mezclas gaseosas y finalmente el costo.

En general, los catalizadores muy activos están mucho más sujetos a la pérdida de sus cualidades activas ("empoimement") se resisten excesivamente con la acción del vapor de agua, y quedan fácilmente fuera de servicio; del mismo modo parece que la duración de los catalizadores usados bajo presiones muy altas no es muy grande (de 10 a 15 días a veces).

Es cierto que los catalizadores muy activos, y también los que se usan bajo fuertes presiones, dan un rendimiento muy alto por unidad de volumen; pero no debe perderse de vista que entre los elementos del costo de producción distinto del costo de preparación intervienen el costo de montado y desmontaje y colocación en su sitio, el tiempo durante el cual el establecimiento permanece de pára, la disminución de la producción en las fases inicial y final, y así en seguida.

El estudio del catalizador presenta pues, además del aspecto puramente científico, otro, técnico-económico, que debe considerarse antes de decidirse por alguno.

En lo que se refiere a la depuración de los gases, debemos señalar el ingenioso sistema norteamericano que consiste en insertar en el recorrido de los gases un primer tubo de catalisis con un catalizador ya usado, parece que este proceder ha dado excelentes resultados.

Claude ha recurrido a un artificio análogo.

El empleo de presiones bajas, y por consiguiente a temperaturas reducidas, es interesante, no sólo en razón de la disminución de los gastos de compresión, sino también porque simplifica el problema de la recuperación del calor, y además de una manera general, el lado técnico de la realización de los procesos se facilita enormemente.

El único establecimiento de importancia que en la actualidad trabaja a baja presión es el construido de acuerdo con los proyectos de la «General Chemical Company». Esta sociedad ha elaborado por su cuenta y por sus propios medios, un procedimiento basado en el empleo de mezclas gaseosas preparadas, partiendo de un gas mixto; parece que ha obtenido excelentes resultados en la purificación de la mezcla, la cual debe desecarse por completo; se puede entonces emplear un catalizador especial a base de amiduro de sodio. Esto implica la necesidad de separar el amoníaco por licuefacción.

La primera fábrica construída, durante la guerra, en Sheffield (Alabama), por cuenta del Gobierno Norteamericano y denominada «Planta N.º 1» debía producir 8,000 toneladas de amoníaco al año. La primera parte, capaz de producir 2,000 toneladas, estaba terminada al concluir la guerra, y en el curso de su ensayo dió resultados alentadores. A continuación, la «General Chemical Co.», de acuerdo con otras sociedades y particularmente con el grupo Solvay, construyó en Siracusa, otra nueva usina, que funcionó regularmente después de los tres años. La presión de trabajo escogida es de 90 atmósferas; la capacidad de produc-

ción, prevista es de 19 toneladas, y se le ha aumentado a 15 sin efectuar modificaciones esenciales; actualmente están al terminarse los trabajos que permitirán esta producción.

Es de interés anotar que en este establecimiento los catalizadores duran desde hace varios años; pero es preciso considerar rigurosamente cuánto se gasta en la depuración del gas para compararlo con otros sistemas.

D.—LAS HIPERPRESIONES

Paralelamente al ensayo de desarrollar un procedimiento a baja presión, Claude, en Francia, ha emprendido decididamente el camino de las hiperpresiones. Desde luego, él señala una serie de ventajas que presenta esta forma de trabajo y que serían las siguientes:

- 1.º Reducción del volumen de los aparatos;
- 2.º Aumento en la concentración del amoníaco;
- 3.º Eliminación de los recuperadores de calor; y
- 4.º Posibilidad de recoger el amoníaco directamente en estado líquido.

Se podría, pues, trabajar fácilmente, aún con unidades pequeñas, y con éstas se obtendría directamente el amoníaco líquido, hecho que presenta mucho interés; desgraciadamente, la demanda de amoníaco líquido constituye sólo una fracción mínima del consumo total de nitrógeno, de tal modo que no se la puede considerar al pensar en usinas de grandes dimensiones.

En efecto, si la obtención directa del amoníaco líquido presenta una ventaja apreciable, desde el punto de vista de su tratamiento ulterior, en cambio constituye un inconveniente grave si se considera el pro-

blema de su almacenamiento. La necesidad de disponer de depósitos para las soluciones amoniacaes difiere considerablemente de la imposición de botellas especiales para el almacenaje del amoníaco líquido.

Finalmente, el trabajo a presiones elevadas lleva siempre consigo un gran gasto de energía mecánica, para la compresión, y este gasto equivale a varias veces el que representaría la destilación del amoníaco, que en esta ocasión se había economizado.

En cuanto a la primera ventaja (reducción del volumen de los aparatos), no se alcanza sino trabajando con circulación del gas; pero si se opera con muchos tubos de catalisis en serie, como ocurre en las instalaciones Claude, una parte importante de esta ventaja desaparece.

Este punto es el que diferencia, en su esquema general de trabajo a los dos sistemas en uso en la actualidad: sistema Claude y sistema Casale.

En el procedimiento Claude, se envía la mezcla comprimida a 1,000 atmósferas a un primer tubo de catalisis, para eliminar el CO, después pasa a dos tubos dispuestos en paralelo, que realizan el primer estado de la conversión, al dar una ley de 25% de amoníaco, lo que corresponde a la conversión del 40% del gas inicial. El resto después de condensarse en un refrigerador de agua, pasa sucesivamente a otros dos tubos de catalisis colocados en serie entre ellos y con los dos precedentes, y a su vez los siguen, a cada uno de ellos, un refrigerador. Como en cada pasada se combina el 40% de volumen de ázoe-hidrógeno, al fin sólo queda un poco más del 20% del gas de la alimentación; a esto se le hace expanderse, y se le extrae el

amoníaco por lavado con soluciones diluídas de ácido sulfúrico y se le envía a los compresores.

Parece que este sistema no presenta todas las ventajas: exige, cuando los catalizadores funcionan regularmente, la recompresión del 20% del gas, lo que representa un gasto de energía muy superior a la que es necesaria para hacer circular los gases en un circuito cerrado.

El consumo de energía en la síntesis, es por lo menos 1,500 kw-h., por cada tonelada de nitrógeno fijada; en las experiencias preliminares ejecutadas en Bethune, con una pequeña fábrica se llegó a 2,000 kw-h., por tonelada de ázoe. Según los datos que se poseen sobre la usina de Oppau resulta que el consumo de energía necesaria para mantener los gases en circulación alcanza sólo a 70 kw-h., por tonelada de nitrógeno; por otra parte, se ha podido verificar que en el procedimiento Casale, que trabaja a 800 atmósferas, con una pequeña unidad de 8 toneladas diarias, este consumo se eleva a 100 kw-h., por tonelada de ázoe.

Parece a primera vista, que el hecho de renunciar a la circulación del gas constituye una ventaja real. Esto puede ser una necesidad cuando se trata de mezclas que no son muy puras (tales como las que resultan de los gases de los hornos de coke); pero en este caso el gas residual es evacuado para evitar la acumulación de las impurezas.

No se puede negar a Claude el mérito de ser el primero en haber visto la posibilidad de trabajar a presiones elevadas y de haber demostrado en forma convincente la facilidad de la operación.

En lo que se refiere a la extracción del hidrógeno de los gases de los hornos de coke, Claude ha avanza-

do lentamente al llevar a cabo sus instalaciones. Las numerosas patentes que ha tomado pertenecen todas a la Sociedad de «El aire líquido», la cual ha fundado una sociedad para explotarlas en Europa, con el nombre de «Sociedad Central de Industrias del Aire líquido y del Nitrógeno», y ésta ha cedido derechos exclusivos de explotación a la «Du Pont de Nemours», en América, y a la «Cumberland Coal, Power and Chemicals Ltd.» en Inglaterra y los Dominios.

El programa de trabajo en vías de ejecución comprende los siguientes establecimientos:

Francia.—Compagnie des Mines de Bethune, 20 tons. por día.

Houillères de Saint-Etienne, 5 toneladas por día.

Société de Commentry, Fourchambault, et Decazeville 5 toneladas por día.

Bélgica.—Société Belge de l'Azoe, en Ougrée, 15 toneladas por día.

España.—Sociedad Ibérica del Nitrógeno, en Douro Felguera, 10 toneladas por día.

Italia.—Societa Azogeno, en Busi, 5 toneladas por día.

Japón.—Claude Nitrogen Company, en Hikoshima, 5 toneladas por día.

Las usinas que siguen están en proyecto:

Francia.—Société L'Amoniaque Synthétique, en Aniche, 10 toneladas por día.

Italia.—Societa Azogeno, en Vado-Ligure, 10 toneladas por día.

Polonia.—Société Européenne d'Exploitation industrielle Knurów, 10 toneladas por día.

América.—Lazote Inc., en Charleston, 20 toneladas por día.

Como hemos dicho en páginas anteriores, el procedimiento Casale tra-

baja a una presión elevada y con circulación de los gases; gracias a estas características, el método se distingue por una sencillez sorprendente en la instalación, y por una notable economía en costo de producción y de operación.

Aún, obteniendo el amoníaco al estado líquido, el consumo de energía no es sino 1,200 kw-h. por tonelada de ázoe fijada, más unos 180 kw-h. para la calefacción del tubo de catalisis. La construcción de este último constituye otro carácter esencial de la instalación, y representa en realidad la más exacta adaptación industrial de las enseñanzas que se desprenden de las experiencias de Haber. El aumento de energía, debida a la recalentación se encuentra ampliamente recompensada por el hecho que las paredes externas del tubo de catalisis difícilmente alcanzan a 180°C, lo que constituye una ventaja fácilmente concebible para la conservación del equipo.

En Italia el procedimiento Casale se usa en Terni, en una pequeña fábrica que puede producir 5 tone-

ladas por día, y en Nera Montoro, en donde funciona una unidad de 8 toneladas; además, hay dos instalaciones en construcción. En Francia, las patentes de Casale se aplicaron, como lo hemos dicho, en la usina del Estado en Toulouse, con una capacidad de 100 toneladas por día.

La «Compagnie d'Alais, Forges et Camargue», propietaria en Francia de las patentes Casale, explotará una usina de 7 toneladas diarias, y proyecta construir otras más.

Otras fábricas hay en trabajo en Japón, en Noleska, en Sabinanigo y en Douro Felguera, en España (Sociedad Energía e Industrias Aragonesas), y finalmente en la caída del Niágara la Ammonia Corporation, de New York.

Hay otras en proyecto y estudio, y es de creer que pronto el procedimiento Casale estará ampliamente aplicado en la industria mundial del amoníaco sintético.

(Continuará).



COTIZACIONES

PLATA

DIAS	Londres 2 meses onza standard peniques	Valparaíso, kilo fino \$
Abril 13.....	26 ¹ / ₁₆	\$ 141.35
28.....	25 ³ / ₄	\$ 140.52

COBRE

QUINCENAL EN CHILE

DIAS	A BORDO \$ POR qq. m.		
	Barras	Ejes 50%	Minerales 10%
Abril 13.....	191.33	\$1.77 Escala 191 cents.	10.04 $\frac{1}{2}$ Escala 110 $\frac{1}{2}$ cents.
» 28.....	192.31	\$2.17 Escala 192 cents.	10.09 $\frac{3}{4}$ Escala 111 cents.

SEMANAL EN NUEVA YORK

DIAS	Centavos por libra	DIAS	Centavos por libra
Abril 9.....	13.—	Abril 21.....	13.12 $\frac{1}{2}$
» 16.....	13.—	» 28.....	13.—

DIARIA EN LONDRES

DIAS	£ por tonelada		DIAS	£ por tonelada	
	Contado	3 meses		Contado	3 meses
Abril 1.º.....	55. 7.6	56. 0.0	Abril 14.....	55. 5.0	55.17.6
» 2.....	55.10.0	56. 2.6	» 19.....	55.15.0	56. 5.0
» 4.....	55. 5.0	55.15.0	» 20.....	55.10.0	56. 2.6
» 6.....	55. 2.6	55.15.0	» 21.....	55. 6.3	55.18.9
» 7.....	55. 0.0	55.12.6	» 22.....	55. 7.6	55.17.6
» 8.....	54.17.6	55.17.6	» 25.....	54.15.0	55. 7.6
» 11.....	54.13.9	55. 6.3	» 26.....	54.16.3	55. 7.6
» 12.....	54.16.3	55. 7.6	» 27.....	54.15.0	55. 6.3
» 13.....	54.13.9	55. 6.3	» 28.....	54.13.9	55. 5.0

VALOR DE LA LIBRA ESTERLINA

DIAS	\$ por £	DIAS	\$ por £
Abril 1.º.....	39.47	Abril 16.....	39.56
» 2.....	39.50	» 17.....	39.56
» 3.....	39.50	» 18.....	39.59
» 4.....	39.48	» 19.....	39.61
» 5.....	39.52	» 20.....	39.65
» 6.....	39.56	» 22.....	39.63
» 7.....	39.56	» 23.....	39.63
» 8.....	39.58	» 24.....	39.63
» 11.....	39.53	» 25.....	39.63
» 12.....	39.54	» 26.....	39.66
» 13.....	39.56	» 27.....	39.70
» 14.....	39.56	» 28.....	39.81
» 15.....	39.56		

SALITRE

13 Abril

El mercado ha estado extremadamente tranquilo durante la quincena y parece que los exportadores ya han comprado para el consumo de esta estación, la Asociación de Productores solamente ha vendido 4,000 toneladas para entregas Marzo y Abril, haciendo un total de ventas para el año salitrero 1926-27 de 11.300,499 quintales métricos contra 19.139,320 quintales métricos vendidos en esta fecha el año pasado.

El mercado Europeo continúa tranquilo pero los precios quedan firmes como anteriormente, se han registrado ventas para entrega inmediata en Dunkerque a £ 12.12.0 y Amberes, Rotterdam a £ 12.5.0.

En la reunión general que tuvo lugar el 7 del presente se decidió de dejar las ventas libres a partir de mañana 15 de Abril, pero como los vendedores y compradores no están de acuerdo con los precios, hay probabilidades de que no habrán transacciones hasta algún tiempo más. La idea de los vendedores para entregas este año es de 16/-.

La producción durante Marzo fué de 904,789 quintales métricos con 28 oficinas trabajando, demostrando esto un aumento de 1.380,109 quintales métricos comparado con el mismo mes en 1926 cuando habían 79 oficinas trabajando.

Las existencias en la costa se calculan en 989,800 toneladas.

El total de lo exportado durante Marzo fué de 2.314,694 quintales métricos, comparado con 2.424,892 quintales métricos exportados durante Marzo de 1926.

La Producción y Exportación de

los primeros tres meses durante los últimos cuatro años se compara como sigue:

1924 producción 5.812,187 quintales métricos.

1925 producción 6.095,218 quintales métricos.

1926 producción 6.829,196 quintales métricos.

1927 producción 2.442,826 quintales métricos.

1924 exportación 6.527,734 quintales métricos.

1925 exportación 7.549,372 quintales métricos.

1926 exportación 6.699,246 quintales métricos.

1927 exportación 5.315,599 quintales métricos.

El mercado de fletes por salitre ha estado nuevamente activo durante la pasada quincena y se ha contratado un buen número de tonelage por vapores de la carrera de embarque adelante con destino a Europa, y los precios han continuado subiendo. El mercado cierra firme con buena demanda. Para Reino Unido o Continente embarque Abril se puede conseguir espacio a 22/6. No hay interés de parte de los exportadores para tomar tonelage para Mayo o principios de Junio debido a que se aproxima la venta libre a contar del 16 de Junio adelante, cuando se podrá comprar salitre a más o menos 3/6 a 3/9 por quintal métrico, menos que el límite de venta fijado por la Asociación. Para la segunda quincena de Junio se han contratado 5,000 toneladas a 27/6 para el Continente, 6,000 toneladas para la costa Occidental al mismo tipo, y 1,000 toneladas para Liverpool a 26/6, también 500 toneladas para el mismo destino, embarque Octubre a 27/6. Para varios destinos Reino Unido o Continente, se han registrado los si-

güentes fletamentos por varias líneas de la carrera: 2,500 toneladas mensuales Julio-Diciembre a 27/6, 2,500 toneladas Julio-Marzo a 26/- y a 27/6, 4,000 toneladas Noviembre a Marzo a 30/-. Además de las toneladas anteriores 1,000 para Enero y 2,000 toneladas para Febrero se han contratado a 27/6. Por el momento los exportadores no pagan adelanto de 30/- para embarque próxima estación y los armadores están pidiendo de 1/- a 1/6 extra según destino. Para puertos del Atlántico; Norte de España el tipo de 33/6 que se pagó hace una quincena ha subido ahora a 35/- para Julio y embarques adelantes. Para el Mediterráneo, Málaga-Génova 32/6 se podría conseguir para Julio-Diciembre, para posiciones cercanas los exportadores no demuestran interés.

Para Estados Unidos, Galveston/Boston el tipo de 6 dólares por cargamento completo por vapor para la segunda quincena de Junio se cotiza nominalmente. Vapores de la carrera han hecho pequeños contratos a 6 dólares para embarque pronto y la de 5.- a 5.25 dólares para Mayo. Para Julio a Diciembre se pide 6 dólares y se ofrece 5.75. Para San Francisco-Puget Sound el precio nominal para adelanto es actualmente de 4.50 dólares.

28 Abril.

El mercado abrió el día 14 del presente con ventas libres y contra todas las expectativas de grandes ventas, la única transacción que se registró fueron 22,000 toneladas para Junio-Diciembre combinado a 16/- por quintal métrico, desde esa fecha las ventas que se han efectuado han sido a 15/11 para entregas Julio a Diciembre, y en Europa se han re-

gistrado negocios para entregas f. a. s., Chile de 15/9-1/2 a 15/10-1/2 para Junio-Julio y 16/- para Septiembre-Diciembre, se calcula que se han vendido 80,000 toneladas desde que comenzaron las ventas libres.

La Asociación de Productores de Salitre ha vendido solamente 9,500 toneladas para entrega Abril y 200 toneladas para el consumo en la costa.

El mercado europeo para esta estación ha continuado tranquilo y las ventas efectuadas para entrega inmediata en Dunkerque a £ 12.8.6 a £ 12.10.0, Amberes £ 12.3.0 y Rotterdam £ 11.18.0 a £ 12.2.0. Para la próxima estación se registran transacciones de £ 10.0.0 a £ 10.10.0 en bodega según puerto de descarga.

Lo exportado durante la primera quincena de Abril fué de 918,522 quintales métricos comparado con 672,437 quintales métricos durante el mismo período del año 1926.

Durante la quincena bajo revista, el mercado de fletes por salitre ha estado activo, especialmente por Compañías de la carrera para el Reino Unido o Continente. Se ha hecho muy poco por vapores de ocasión, esto puede ser debido a que tienen que venir en lastre y por consiguiendo los actuales precios no atraen a los armadores. El mercado cierra firme con buena demanda a los actuales precios.

Para el Continente por Compañías de la carrera se han efectuado los siguientes fletamentos: 1,000 toneladas segunda quincena de Junio Burdeos-Amberes a 30/-, 2,000 toneladas para la misma posición a 28/6 para Amberes, Hamburgo, Rotterdam, Amsterdam, 2,000 toneladas Julio para el Continente a 28/6 y 2,000 toneladas mensuales Julio a Octubre para Burdeos-Amberes a

30/-. Se ha notado un regular interés para puertos del Atlántico, Norte de España, habiéndose registrado los siguientes fletamentos durante la quincena: 2,000 toneladas Junio-Julio a 32/6 y 2,000 toneladas mensuales Octubre-Noviembre a 33/6. Para embarques más adelante los armadores están ahora pidiendo 35-. Para el Mediterráneo Málaga-Génova no se han registrado fletamentos y la cotización nominal queda ahora a 31/6 para Junio-Julio y 35/- para adelante.

Para Estados Unidos Galveston-Boston por cargamento completo Junio-Julio o Julio-Agosto el tipo de 6 dólares no ha variado para un puerto de descarga, con 0.20 cents. americanos extra para cada puerto adicional. Por Compañías de la carrera se han hecho pequeños contratos por espacio a 5.50 dólares para embarques Mayo. Para Julio a Diciembre las actuales pretenciones de los armadores es de 6 dólares pero los exportadores desean 5.50 dólares. Para la Costa Occidental puertos de costumbre entre San Pedro y Puget Sound el tipo de 4.50 dólares para cualquier posición queda sin cambio.

CARBON

13 Abril

El mercado ha estado tranquilo durante la quincena. Es imposible por el momento de poder dar cotizaciones para carbones extranjeros de-

bido a que importa tan poca cantidad de manera que los vendedores solamente pueden cablegrafiar precios cuando existe alguna orden. Las cotizaciones nominales son como sigue:

Admiralty List (Cardiff) 40/- a 45/-, West Hartley 33/- a 35/-, Australiano 50/- a 53/-, Americano Pocahontas o New River de 44/- a 46/- todo libre de derecho de importación.

Nacional primera clase harneado se cotiza a \$ 78.— moneda corriente c. i. f. puerto salitrero para entregas prontas y adelante.

28 Abril.

Ha habido una mejor demanda por carbón durante la pasada quincena y una buena cantidad de West Hartley por vapor para salidas esperadas durante Junio/Julio han sido colocadas para puertos salitreros al precio de 32/6 y 32/-.

Otras clases de carbones extranjeros se cotizan como sigue:

Admiralty List (Cardiff) 40/- a 45/-.

Australiano Best brands 50/- a 53/-.

Americano Pocahontas o New River 44/- a 46/-.

Todos libres de derechos de importación.

Nacional marcas de primera clase se cotizan de \$ 76.— a \$ 80.— moneda corriente, puertos salitreros para entregas prontas y adelante.



INFORMACIONES DE LAS COMPAÑÍAS MINERAS

Las informaciones de las Compañías Mineras que se publican a continuación, han sido facilitadas por las Gerencias respectivas:

Compañía Minera e Industrial de Chile

La explotación de carbón de las minas de esta Compañía ha alcanzado durante el mes de Abril de 1927 la siguiente cifra:

Abril de 1927..... 63,452 tons. mét.

La producción de este mes, es inferior en 18,000 toneladas métricas a la obtenida en el mes anterior.

Compañía Carbonífera y de Fundación Schwager

También esta Compañía ha tenido una disminución de su producción en el mes de Abril con respecto a la alcanzada en Marzo. Esta menor producción alcanza a 5,000 toneladas métricas, de modo que la del presente mes, ha sido:

Abril de 1927..... 30,109 tons. mét.

Compañía Minas de Gatico

Durante el mes de Abril, esta Compañía produjo 220,6 toneladas de cobre fino, por los siguientes capítulos:

Producción durante Abril 1927.

Minerales:

1,181 Tons. Mét. Ley 12.51% = 147.7431 Tons. Cu. fino

Conts. Flotación:

344 Tons. Mét. Ley 21.18% = 72.8592 > > >

1,525 Tons. Mét. Ley 14.4657% 220.6023 Tons. Cu. fino

Compañía Minera de Oruro

Esta Compañía ha tenido durante el mes de Abril, las siguientes producciones de barrilla de estaño y sulfuros de plata:

Abril de 1927:

Barrilla de estaño de 60,4%... 117 tons. mét.
Barrilla de estaño de 22%..... 5 tons. mét.
Sulfuros de plata..... 976 kgs. finos de plata.

Compañía Minera Porvenir de Huanuni

Esta Compañía ha tenido durante el presente mes de Abril la siguiente producción:

Abril de 1927:

Barrilla de estaño..... 2,000 quintales españoles de 60%.
Media barrilla de estaño... 677 quintales españoles de 30%.
Cementos de plata y cobre... 48,868 onzas de plata fina.
Cementos de plata y cobre... 4,000 kgs. de cobre fino.
Mineral descajado de Huanuni..... 640 toneladas con 61,728 onzas de plata fina.

Ag	Zn	Pb
32 m. f.	32%	10%

Compañía Minera y Agrícola Oploca de Bolivia

La producción de barrilla de estaño de esta Compañía, ha sido durante el mes de Abril, la siguiente:

Abril de 1927.. 7,040 qq. esp. barrilla de 60%

Compañía Minas de Colquiri

La producción de barrilla de estaño de 60% de ley que esta Compañía ha tenido durante el mes de Abril, ha sido como sigue:

Abril de 1927..... 710 qq. esp.

Compañía Estañífera Kala-Uyu

Esta Compañía ha tenido durante el mes de Abril la siguiente producción de barrilla de estaño de 60% de ley:

Abril de 1927..... 600 qq. españoles

Sociedad Minera y Beneficiadora de Plata de Condoriaco

Esta Sociedad ha obtenido durante el mes de Abril las siguientes producciones de oro y plata:

Abril de 1927:

Kilogramos de plata.	149
Kilogramos de oro.	2,24

Sociedad Fundición Nacional de Plomo

La producción de concentrados de minerales de plomo que esta Sociedad obtuvo durante el mes de Abril, alcanzó a:

	Concentrados de 52% de ley en plomo
Abril de 1927	281 toneladas

Compañía de Minas y Fundición de Chagres

Esta Compañía ha tenido durante el mes de Abril la siguiente producción de cobre fino:

Abril de 1927. 271 tons. de cobre fino.

Société des Mines de Cuivre de Naltagua

La producción de cobre fino que esta Sociedad ha tenido durante el mes de Abril del presente año, ha sido como sigue:

Abril de 1927. 447.55 tons. mét.

Compañía Minera Disputada de Las Condes

La producción de concentrados que esta Compañía ha tenido durante el mes de Abril, ha sido como sigue:

Abril de 1927:
1.286,58 tons. mét. con 21.19% de cobre.

Sociedad Minas de Plata de Caylloma

Esta Sociedad ha tenido durante el mes de Abril próximo pasado, la siguiente producción.

Abril de 1927:

Plata.	21.630 onzas
Oro.	76 onzas



MERCADO DE MINERALES Y METALES

Estas cotizaciones que han sido tomadas del Engineering and Mining Journal-Press de Nueva York, Abril 30 de 1927, se refieren a ventas en grandes lotes al por mayor, libre a bordo (f. o. b.) New York, salvo que se especifique de otra manera. Los precios de Londres están dados de acuerdo con los últimos avisos. El signo \$ significa dollars U. S. Cy.

ALUMINIO.—98 y 99% a \$ 0.26 la libra.—Mercado inactivo, con menos compras para el primer trimestre de 1927 que las esperadas—Londres, 98% £ 107 tonelada de 2,240 libras.

ANTIMONIO.—Standard en polvo a 200 mallas, a \$ 0.14¹/₂, óxido blanco de la China de 99% Sb₂ O₃ a 16¹/₂ centavos la libra (Nominal).

BISMUTO.—En lotes de tonelada, precio de \$ 2.20 a 2.25 por libra.—Londres, 8 sh.

CADMIO.—Por libra a \$ 0.60.—En Londres de 1 sh. 10 d. para metal americano.

COBALTO.—De 96 a 98% de \$ 2.50 a 2.60 la libra para el óxido negro de 70% a \$ 2.10.—Londres 9 sh. por libra para el cobalto metálico.

MAGNESIO.—Precio por libra y en lotes de tonelada, a \$ 0.75.—Londres 3 sh. a 4 sh. de 99%.—Mercado firme.

MOLÍBDENO.—El kg. de 99%, \$ 25.

MERCURIO.—\$ 125 por frasco de 75 libras.—Londres £ 23.—Mercado firme.

NÍQUEL.—Electrolítico \$ 0.39, la libra con 99.75% de ley.—Londres £ 170 a £ 175 por tonelada de 2,240 libras, según la cantidad. Las demandas continúan bastante buenas.

PALADIO.—Por onza, se cotiza de \$ 58 a 61.—Londres £ 11 a £ 12 la tonelada (nominal).

PLATINO.—Precio oficial de metal refinado, \$ 98 la onza. Crudo \$ 84.—Londres £ 21 por onza del refinado y £ 19¹/₂ para el crudo o deshechos.

RADIO.—\$ 70 por mg. de radio contenido.

SELENIO.—Negro en polvo, amorfo, 99.5%, puro de 1.90 a \$ 2.00 por libra en lotes mayores de una tonelada.

TUNGSTENO.—En polvo, de 97 a 98%, de ley. \$ 1.05 por libra de tungsteno contenido.

Minerales metálicos

MINERAL DE CROMO.—Por tonelada, f. o. b. en puertos del Atlántico, de \$ 22 a 23 para minerales de 45 a 50% de Cr₂O₃. Precios firmes y buenas demandas.

MINERAL DE MANGANESO.—De \$ 0.36 a \$ 0.38 por unidad en la tonelada de 2,240 libras en los puertos, más el derecho de importación. Mí-

nimo 47% de Mn. Para productos químicos, polvo, grueso o fino de 82% a 87% de MnO_2 , Brasileiro o Cubano \$ 70 a \$ 80 por tonelada en carros.

MINERAL DE MOLÍBDENO.—\$ 0.45 a 0.48 f. o. b. Colorado por libra de MoS_2 , de 85% concentrado.

MINERAL DE PLOMO (Galena).—Precio medio sobre la base de 80% de plomo, \$ 95 por tonelada de 2,000 libras.

MINERAL DE ZINC (Blenda).—Precio medio sobre la base de 60% de Zinc, \$ 44.75 por tonelada de 2,000 libras.

MINERAL DE TUNGSTENO.—Por unidad, en Nueva York, wolframita, de alta ley, \$ 10.75 a 11 Shelita, de \$ 11 a 11.25.

MINERAL DE VANADIO.—Concentrados de vanadato de plomo con 12 a 18% de V_2O_5 , \$ 0.55 a \$ 0.60 por libra de V_2O_5 . Minerales con 5% de V_2O_5 ; \$ 0.25 por libra de V_2O_5 . Estos precios son f. o. b. Montrose, Colorado.

Minerales no metálicos

Los precios de los minerales no metálicos varían mucho y dependen de las propiedades físicas y químicas del artículo. Por lo tanto, los precios que siguen, sólo pueden considerarse como una base para el vendedor, en diferentes partes de los Estados Unidos.

El precio final de estos artículos sólo puede arreglarse por medio de un convenio directo entre el vendedor y el comprador.

ASBESTO.—Crudo N.º 1, \$ 525. Crudo N.º 2, \$ 325; en fibras \$ 200. Stock para techos \$ 80. Stock para papel \$ 40 a \$ 45. Stock para cemento \$ 25. Desperdicios \$ 10 a \$ 10.50. Arena, \$ 15. Todos estos precios son por tonelada de 2,000 libras f. o. b. Quebec; el impuesto y los sacos están incluidos. Existe un mercado muy activo y firme. Las minas trabajan a su total capacidad.

AZUFRE.—A \$ 18 por tonelada, para azufre doméstico, f. o. b. Texas para la exportación \$ 22 f. a. s. en puertos del Atlántico.

BARITA.—Mineral crudo, \$ 7.50 por tonelada f. o. b.; minas de Georgia. Excelente demanda. Blanca, descolorada, \$ 23 la ton.—Mineral crudo de 93% SO_4Ba con un contenido no superior de 1% de hierro \$ 8 f. o. b. minas.

BAUXITA.—N.º 1 mineral puro, sobre 60% de Al_2O_3 y con menos de 5% de SiO_2 y menos de 2% de Fe_2O_3 \$ 8.— por ton. de 2,240 libras f. o. b. minas Georgia.

BÓRAX.—Granulado en polvo \$ 0.04 por libra f. o. b. en plantas de Pennsylvania. En cristales por libras $4\frac{1}{4}$ ctv. en sacos y en lotes mayores a una tonelada sobre carros.

CAL PARA FLUJO.—Depende de su origen; f. o. b. puertos de embarque, por tonelada, chancada a media pulgada y a menos, de \$ 0.75 a \$ 2.— Para usos agrícolas, \$ 0.75 hasta \$ 4 según su pureza y grado de fineza.

CUARZO EN CRISTALES.—Sin color y claro en pedazos de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ libra de peso \$ 0.40 por libra, en lotes de más de 1 tonelada. Para usos ópticos y con las mismas condiciones; \$ 0.80 por libra.

- FELDESPATO.—Por tonelada de 2,240 libras f. o. b., en carro de Nueva York, N.º 1 crudo \$ 9; N.º 1 para porcelanas, a 140 mallas, \$ 16.— por ton. Para énamel, 140 mallas, \$ 14. Para vidrio a 200 mallas, \$ 18. Buena demanda.
- FLUOSPATO.—En colpa, con no menos de 85% de CaF_2 y no más de 5% de SiO_2 , \$ 18 por tonelada de 2,000 libras.
- GRAFITO.—De Ceylan de primera calidad, por libra, en colpa, \$ $0.07\frac{1}{2}$ a \$ $0.08\frac{1}{2}$. En polvo de \$ 0.03 a \$ 0.06. Amorfo crudo, \$ 15 a 35 por tonelada según la ley.
- KAOLINA.—Precios f. o. b. Virginia, por tonelada corta, cruda N.º 1, \$ 7. Cruda N.º 2, \$ 5.50. Lavada, \$ 8. Pulverizada, \$ 10 a \$ 15. Inglesa importada f. o. b. en los puertos americanos, en colpa de \$ 13 a \$ 21.— Pulverizada, \$ 45 a \$ 50.
- MAGNESITA.—Por tonelada de 2,000 libras f. o. b. California, calcinada en colpa, 80% MgO , Grado «A» a 200 mallas, \$ 40. Grado «B» \$ 38. Cruda \$ 14.
- MICA.—Precios f. o. b. en Nueva York por libra, impuestos pagados, clase especial \$ 3.25; N.º A 1, \$ 3.— a \$ 3.25; N.º 1 \$ 2.75; N.º 2, \$ 2.45 a \$ 2.50; N.º 3, \$ 1.30; N.º 4, \$ 0.75; N.º 5, \$ 0.40 a \$ 0.45. Las clases se refieren al tamaño de las hojas.
- MONACITA.—Mínimo 6% ThO_2 , a \$ 120 por tonelada.
- POTASA.—Cloruro de potasa de 80 a 85% sobre la base de 80% en sacos, \$ 36.40 a granel \$ 34.80. Sulfato de potasa de 90 a 95% sobre la base de 90%, en sacos \$ 47.30; a granel \$ 45.70. Sulfato de potasa y magnesia, 48 a 53%, sobre la base de 48%, en sacos \$ 27.25; a granel \$ 25.85. Para abono de 30%, \$ 21.75 y de 20% \$ 15.40 en sacos.
- PIRITAS.—Españolas de Tharsis de 48% de azufre, por tonelada de 2,240 libras c. i. f. en los puertos de los Estados Unidos, tamaño para los hornos, ($2\frac{1}{2}$ " de diámetro) a \$ $0.13\frac{3}{4}$.
- SÍLICE.—Molida en agua y flotada, por tonelada, en sacos f. o. b. Illinois, a 400 mallas, \$ 31; a 350 mallas, \$ 26; a 250 mallas, \$ 18.
- CUARCITA.—99% de SiO_2 ; Arena para fabricar vidrios, \$ 0.75 a \$ 5. por tonelada; para ladrillo y moldear, \$ 0.65 a \$ 3.50.
- TALCO.—Por tonelada, de 99% en lotes sobre carro, molido a 200 mallas, extra blanco, \$ 10. De 96% a 200 mallas, medio blanco, de \$ 9. Incluido envase, sacos de papel de 50 libras.
- TIZA.—Precio por tonelada f. o. b. Nueva York, cruda y a granel, \$ 4.75 a 5.—
- YESO.—Por tonelada, según su origen, chancado, \$ 2.75 a \$ 3; molido, de \$ 4 a \$ 8; para abono de \$ 6 a 12, calcinado, de \$ 8 a 10.
- ZIRCONIO.—De 95%, \$ 0.03 por libra, f. o. b. minas, en lotes sobre carros; descontando fletes para puntos al Este del Mississippi.

Otros productos

- NITRATO DE SODA.—Crudo \$ 2,10 por cada 100 libras. En los puertos del Atlántico.
- MOLIBDATO DE CALCIO.—A \$ 1.20 por cada libra de Molibdeno contenido.

OXIDO DE ARSÉNICO.—(Arsénico blanco) \$ 0.03 $\frac{3}{4}$ por libra. En Londres, a £ 17 por tonelada de 2,240 libras de 99%.

OXIDO DE ZINC.—Precio por libra, ensacados y en lotes sobre carro y libre de plomo; 0.06 $\frac{1}{2}$. Francés, sello rojo, a \$ 0.09 $\frac{3}{8}$.

SULFATO DE COBRE.—Ya sea en grandes o pequeños cristales a \$ 0.05 por libra. Excelente demanda de Méjico y de Sud América.

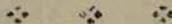
SULFATO DE SODIO.—Por tonelada a granel f. o. b. Nueva York, \$ 18 a \$ 20.

Ladrillos refractarios

LADRILLOS DE CROMO.—\$ 45 por tonelada neta f. o. b. puertos de embarque.

LADRILLOS DE MAGNESITA.—De 9 pulgadas, derechos \$ 65 por tonelada neta f. o. b. Nueva York.

LADRILLOS DE SÍLICE.—A \$ 43 por M. en Pennsylvania y Ohio; \$ 50, en Alabama e Illinois.



ESTADISTICA DE METALES

Precio medio mensual de los metales:

PLATA

	Nueva York		Londres	
	1926	1927	1926	1927
Enero.....	67.795	55.795	31.322	25.863
Febrero.....	66.773	57.898	30.797	26.854
Marzo.....	65.880	55.306	30.299	25.655
Abril.....	64.409	56.399	29.682	26.136
Mayo.....	65.075	.....	30.125	.....
Junio.....	65.481	.....	30.248	.....
Julio.....	64.798	.....	29.861	.....
Agosto.....	62.380	.....	28.773	.....
Septiembre.....	60.580	.....	27.904	.....
Octubre.....	54.505	.....	25.291	.....
Noviembre.....	54.141	.....	25.192	.....
Diciembre.....	53.466	.....	24.733	.....
Año término medio.	62.107	.....	28.686	.....

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
	1926	1927	1926	1927	1926	1927
Enero.....	13.822	12.990	59.013	55.414	65.325	62.375
Febrero.....	13.999	12.682	59.669	54.438	66.375	61.119
Marzo.....	13.859	13.079	58.603	55.935	65.489	62.641
Abril.....	13.706	12.808	57.200	55.056	64.600	61.526
Mayo.....	13.599	.....	56.494	.....	64.313	.....
Junio.....	13.656	.....	56.778	.....	64.591	.....
Julio.....	13.924	.....	57.864	.....	65.625	.....
Agosto.....	14.174	.....	58.857	.....	66.857	.....
Septiembre.....	14.062	.....	58.705	.....	66.528	.....
Octubre.....	13.862	.....	58.304	.....	66.298	.....
Noviembre.....	13.576	.....	57.293	.....	65.551	.....
Diciembre.....	13.302	.....	56.869	.....	64.114	.....
Anual.....	13.795	.....	57.971	.....	65.472	.....

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

PLOMO

	Nueva York		Londres		A 3 meses	
	1926	1927	1926	1927	1926	1927
Enero.....	9.255	7.577	34.778	27.485	34.584	27.786
Febrero.....	9.154	7.420	33.903	27.344	33.903	27.781
Marzo.....	8.386	7.577	31.625	27.845	31.921	28.302
Abril.....	7.971	7.126	28.775	26.546	29.284	27.053
Mayo.....	7.751	.....	28.253	.....	28.731	.....
Junio.....	8.038	.....	29.986	.....	30.142	.....
Julio.....	8.499	.....	31.716	.....	31.545	.....
Agosto.....	8.908	.....	32.756	.....	32.345	.....
Septiembre.....	8.786	.....	32.085	.....	31.790	.....
Octubre.....	8.402	.....	30.821	.....	30.702	.....
Noviembre.....	8.005	.....	29.270	.....	29.563	.....
Diciembre.....	7.855	.....	28.932	.....	29.264	.....
Anual.....	8.417	.....	31.075	.....	31.145	.....

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

ESTAÑO

	Nueva York		Straits		Londres	
	99%	1927	1926	1927	1926	1927
Enero.....	61.415	64.785	62.275	66.415	282.038	297.804
Febrero.....	62.653	66.528	63.705	69.142	287.107	306.125
Marzo.....	63.472	67.833	64.505	69.199	292.288	313.315
Abril.....	61.962	66.069	63.389	67.933	281.388	302.572
Mayo.....	60.165	.....	62.305	.....	270.125	.....
Junio.....	58.409	.....	60.611	.....	268.352	.....
Julio.....	61.365	.....	63.091	.....	282.102	.....
Agosto.....	63.875	.....	65.260	.....	293.690	.....
Septiembre.....	66.535	.....	68.895	.....	306.273	.....
Octubre.....	68.225	.....	70.245	.....	312.548	.....
Noviembre.....	68.667	.....	70.630	.....	309.284	.....
Diciembre.....	66.635	.....	68.514	.....	306.994	.....
Anual.....	63.615	.....	65.285	.....	291.016	.....

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

ZINC

	St. Louis		Londres		A 3 meses	
	1926	1927	A la vista 1926	1927	1926	1927
Enero.	8.304	6.661	38.059	30.979	37.363	30.938
Febrero.	7.759	6.673	36.053	29.931	35.956	30.109
Marzo.	7.332	6.692	34.090	30.649	34.247	30.889
Abril.	7.001	6.338	32.503	29.579	32.863	29.901
Mayo.	6.821	—	32.038	—	32.413	—
Junio.	7.112	—	33.244	—	33.398	—
Julio.	7.411	—	34.045	—	34.270	—
Agosto.	7.376	—	34.173	—	34.524	—
Septiembre.	7.413	—	34.389	—	34.415	—
Octubre.	7.296	—	34.256	—	34.146	—
Noviembre.	7.199	—	33.491	—	33.483	—
Diciembre.	7.018	—	32.915	—	32.895	—
Anual.	7.337	—	34.105	—	34.164	—

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

Producción mensual de cobre crudo. Lbs.

	1926			1927		
	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo
Alaska.	3,073	3,769	2,372	2,981	2,696	3,163
Braden.	8,000	10,200	9,235	8,756	8,022	—
Chile.	9,350	9,350	9,352	—	—	—
Butte & Superior	—	—	+613	—	—	—
Calumet & Arizona.	2,380	1,833	1,951	1,864	1,500	2,704
Magma.	1,198	1,155	1,148	1,264	1,120	1,308
Miami.	2,468	2,412	2,268	2,313	2,160	2,342
New Cornelia.	3,556	4,227	3,347	2,770	2,373	3,447
Nevada Con.	—	—	+31,316	—	—	—
Old Dominion.	908	1,127	1,120	1,170	1,162	986
Phelps Dodge.	5,493	6,638	5,732	6,097	6,427	+7,789
United Verde Extensión	1,901	1,677	1,586	1,703	1,152	1,322
Utah Copper.	—	—	+32,557	—	—	—
Tennessee Copper.	523	524	486	486	408	458

EXTRANJERO

Boleo, Méjico.	992	992	—	863	885	973
Furukawa, Japón.	1,431	1,668	1,502	1,456	1,249	—
Granby Cons., Canadá. .	1,623	1,626	2,355	2,439	1,975	2,339
Union Miniere, Africa. .	6,525	7,260	7,150	6,505	6,273	6,976
Mount Lyell, Aust.	—	—	+1,870	—	—	+1,347
Sumitomo, Japón,	—	1,637	—	1,408	1,347	—
Bwana M'Kubwa.	255	344	376	400	358	450

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

	1925		1926		1927	
	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria	Mensual	Diaria
Enero.....	74,789	2,412	71,026	2,291	76,198	2,458
Febrero.....	68,967	2,463	68,131	2,433	69,202	2,472
Marzo.....	74,901	2,416	75,728	2,443	68,881	2,222
Abril.....	70,667	2,356	73,454	2,448	.....	.....
Mayo.....	70,574	2,276	73,542	2,372	.....	.....
Junio.....	59,894	2,330	71,317	2,377	.....	.....
Julio.....	68,507	2,210	72,228	2,330	.....	.....
Agosto.....	68,090	2,196	72,014	2,323	.....	.....
Septiembre.....	67,720	2,272	72,672	2,421	.....	.....
Octubre.....	71,042	2,292	75,099	2,423	.....	.....
Noviembre.....	67,400	2,247	74,947	2,498	.....	.....
Diciembre.....	69,566	2,244	72,205	2,329	.....	.....
Total.....	842,117	.....	872,509	.....	.....	.....
Promedio mensual.....	70,176	.....	72,709	.....	.....	.....
Promedio diario.....	.....	2,307	...	2,390	.....	.....



