

## BOLETIN

DE LA

**Sociedad Nacional de Minería**

## DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

Presidente

**Cárls Besa**

Directores Honorarios

**Cesáreo Aguirre**  
**Cárls G. Avalos**

Vice-Presidente

**José Luis Lecaros**Acuña, Guillermo  
Aldunate Solar, Cárls  
Blanquier, Juan  
Barriga, Cárls  
Elguin, LorenzoGandarillas, Javier  
Ghigliotto Salas, Orlando  
Koerting, Berthold  
Lanas, Cárls  
Lezaeta A. EleazarLira, Alejandro  
Malsch, Cárls  
Pinto, Joaquin N.  
Yunge, Guillermo

Secretario

OSVALDO MARTÍNEZ C.

**Factores económicos en la industria del hierro**

Por el Dr. MALCOLM KEIR

(CONCLUSION)

LA SUPREMACÍA DE PITTSBURGH TIENDE A PASAR A CHICAGO. LAS NUEVAS FÁBRICAS EN LA COSTA DEL ATLÁNTICO SE DEBEN SEGURAMENTE A LOS MERCADOS DE LOS ASTILLEROS I LA ESPORTACION.

La última mitad del siglo XIX, fué en suma, testigo de rápidos cambios en la industria del hierro i acero. No solamente hubo hornos de capacidad mui crecida, nuevo mineral i nuevo combustible, sino que tambien aparecieron dos nuevos productos: los aceros Bessemer i «open-hearth».

Estos cambios orijinaron cambios en la organizacion, porque un gran mercado condujo a una produccion en gran escala i ésta a su vez allanó el camino para la reintegracion.

Los mismos grupos de hombres que poseían fábricas de laminados en 1860 se comprometieron en la produccion de hierro en lingotes diez años mas tarde, pero bajo una organizacion de corporacion diferente. Una com-

munidad de interes mútuo pero no de fusion material, del mismo modo que existió aun hasta ahora último entre los productores de mineral i combustible por una parte i los fundidores de hierro por otra. Entónces esas corporaciones sobrecojidas primeramente hicieron en su mayor parte un esfuerzo desesperado para sobrevivir, no porque careciesen de mercado, sino porque éste se estendió en forma tan prodijiosa que las muchas i necesarias ampliaciones de las fábricas obligaron al capital de sus promotores a asumir formas fijas. En consecuencia fué una ventaja conservar cada unidad individualizada, aun cuando todas perteneciesen al mismo dueño, para que como organizaciones separadas, pudiesen las unidades crear capital para las otras por medio de letras que podian cobraræ en los bancos. Por ejemplo, una compañía de fundicion, una fábrica de laminados i una fábrica de puentes podian todas pertenecer al mismo grupo de accionistas, pero la fábrica de laminados podia jirar cheques a favor de la compañía de fundicion i la fábrica de puentes a favor de la de laminados; los cheques descontados en dinero eran así grandes adiciones hechas al capital en trabajo. Este método de apoyarse mutuamente no seria permitido a las tres corporaciones si se amalgamasen como una sola unidad, porque una firma no puede cobrar sus propios cheques sin algun otro endoso.

#### REINTEGRO EN LA INDUSTRIA DE ACERO

Veinte años despues de la guerra civil, la industria del hierro quedó bastante firmemente establecida para eliminar el uso del crédito en la forma ya indicada. Tan luego como el capital fué mas abundante, la ineficacia de conservar separadas las fábricas relacionadas fué solo aparente; las utilidades mútuas i predominio fueron fuente de abusos i hubo casos de fábricas controladas por algunas personas interesadas que tenian mayoría de acciones que quebraron a causa de la injusticia de éstos sobre la minoría de los accionistas. Por consiguiente las diversas partes de la industria del hierro comenzaron a fusionarse, las fábricas de laminados absorbieron las compañías de fundicion i se amalgamaron con los productores de combustible. Despues del primer paso dado en este sentido, su economía i control consecuente de asegurarle el mercado produjeron una reintegración mas avanzada; así, las compañías de acero adquirieron yacimientos de mineral i la propiedad de ajencias de trasportes. Cuando todos los períodos de produccion desde el arranque del mineral hasta tener los rieles, vigas o planchas ya elaboradas, se encontraron unificados bajo una sola autoridad, se siguió un intento para interesar en la combinacion a los productores secundarios de mayor importancia tales como fábricas de cables, factorías de cañerías i otras cosas semejantes. Esta ha sido, en suma, la historia de las compañías Carnegie, Corporacion de acero de Estados Unidos i en un grado

menor la de agrupaciones mas pequeñas. Las grandes corporaciones reintegradas fueron la respuesta a las exigencias de los mercados nacional e internacional. Un particular puede luchar con la simplicidad de un mercado pequeño, pero fué de necesidad una corporacion sólidamente constituida cuando se trató de mercados grandes i complejos. Es sin duda un hecho de que una gran corporacion tal como la corporacion de acero de Estados Unidos es una verdadera evolucion tal como la de un estado nacional que nace del predominio de alguna ciudad.

#### CHICAGO COMO CENTRO DE LA INDUSTRIA

Junto con su influencia sobre la organizacion el carácter nacional del mercado tiene otro efecto sobre la industria de acero; el que tiende a aminsonar la supremacia de Pittsburgh. Cuando esta ciudad obtuvo la preeminencia, los caminos mas concurridos del este, oeste i sud-oeste, pasaban por sus límites; ademas Pittsburgh tiene casi un monopolio sobre el mejor coke conocido. Estos factores, junto con la inercia de la industria (es decir, su tendencia a permanecer en la rejion en que florece) mantuvieron la preponderancia de Pittsburgh. Tambien el elemento personal contribuyó a la supremacia de Pittsburgh porque fué el lugar de residencia de Carnegie. La fama de Pittsburgh está íntimamente asociada con Carnegie, i es difícil saber cómo habria permanecido Pittsburgh si el destino hubiese dispuesto que la niñez de Carnegie se deslizase en Chicago, por ejemplo.

Las principales rutas comerciales pasan por Pittsburgh, la industria del hierro ha roto los grillos del coke de Connellsville i se han conocido los factores económicos que pueden vencer la inercia de la industria: los grandes lagos i los ferrocarriles que recorren sus orillas son los grandes mediós de comercio interior; el sub-producto coke, proveniente de la combustion en hornos cerrados de manera de salvar los gases útiles ha comenzado a reemplazar el coke de Connellsville. El coke manufacturado en abundancia i los bajos precios de flete para el carbon de los confines del Oeste, que puede traerse en carros de mineral i en barcas. Estos factores crean nuevas condiciones ante las cuales Pittsburgh queda en situacion desventajosa. Con estas nuevas condiciones Chicago viene a constituir uno de los puntos mas ideales para la manufactura de hierro i acero i como un hecho la mayor fábrica de acero del mundo está cerca de esa ciudad en Gary, Ind. Chicago es uno de los mayores centros ferroviarios del mundo, así que no solamente los ferrocarriles mismos sino todo el territorio que recorren son tributarios de las fábricas de acero de Chicago.

Pero no solo estos factores esplican el progreso del distrito de Chicago. En la ciudad o cerca de ella están las mayores fábricas del pais para la manufactura de maquinaria agrícola; ademas Chicago es un gran

astillero de vapores de lago i tambien se ven en ella fábricas de cables i cañerías cerca de las fábricas de acero de la ciudad. Chicago tampoco está léjos de ser el núcleo de la poblacion. Hasta 1840 el núcleo de la poblacion estuvo entre Baltimore i Clarksburgh, W. Va. Durante ese tiempo Lancaster, Pa., fué un centro importante de hierro. De 1850 a 1890 el núcleo de la poblacion estuvo a lo largo del rio Ohio desde Parkersburg, W. Va., a Cincinnati, i Pittsburgh tuvo la supremacía en el hierro. Desde 1890 el centro de la poblacion ha estado en Indiana central del Sur. ¿Es un accidente, que tambien desde esa fecha las mayores fábricas de hierro del mundo se hayan construido en Gary en la Indiana Central del norte?

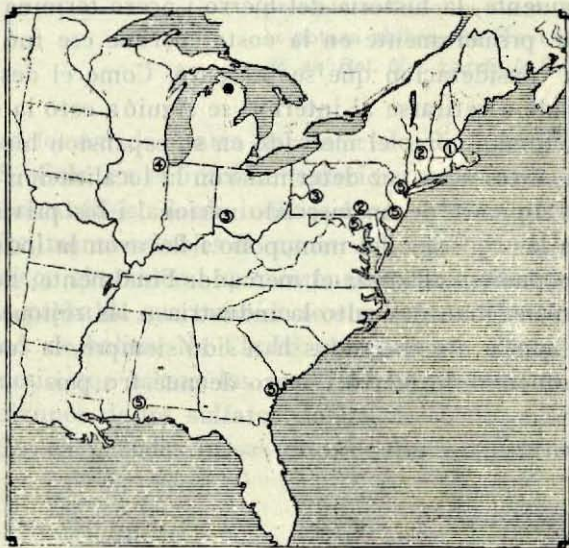
Pero Chicago no tiene, como Pittsburgh en la era precedente, monopolio sobre las ventajas descritas, de modo que los trabajos en hierro pueden encontrarse de uno a otro extremo de los lagos, en Duluth, en Sault Ste. Marie, en Cleveland i en Buffalo. Igualmente Carnegie, a despecho de tener su interes personal en Pittsburgh, vió la economía de las fábricas de las riberas del lago e ideó construir una gran fundicion en Conneaut, Ohio. Para los mercados del Sur, Birmingham ocupa una posicion parecida a la de Chicago con ventajas que ésta no tiene de poseer depósitos de mineral, carbon i cal unos junto a otros. Birmingham confina no solo con los mercados del Sur sino que alcanza a los mercados al norte de los rios Mississippi i Ohio. Cincinnati i Louisville son los puntos de encuentro para el hierro de Chicago i de Birmingham. El hierro i acero de Alabama va tambien por via fluvial a Filadelfia i Nueva York. Como resultado del crecimiento de estos nuevos centros mejor adaptados para satisfacer un mercado nacional, la primacía de Philadelphia se ha reducido materialmente, justamente en la época en que esta ciudad producía mas hierro i acero que nunca durante su historia.

Pittsburgh ha alcanzado el límite de expansion material. Los trabajos de acero emplean grandes cantidades de agua por consiguiente deben localizarse junto a lugares que la tengan en abundancia, i se escojen habitualmente los bancos de los rios. Pero Pittsburgh no tiene mas tierras bajas en las márgenes del rio, donde puedan ampliarse las fábricas actuales o localizarse otras nuevas. De modo que la poca estension material en Pittsburgh agrega mayor fuerza a las razones económicas para la traslacion de las fábricas de acero a una situacion mas favorable. En contraste, las riberas del lago alrededor de Chicago, ofrecen enormes estensiones de tierra que se venden al precio de suelos incultos. Los terrenos en Pittsburgh se venden al precio de terrenos de ciudad.

## FABRICAS A ORILLAS DEL ATLÁNTICO

Otra causa que amenaza la supremacía de Pittsburgh, es el desarrollo de un nuevo mercado a orillas del Atlántico, que fué donde nació la industria del hierro. Los Estados Unidos han entrado en un nuevo período de construcciones navales, empleando esta vez mas planchas de acero que madera. En respuesta a este mercado, deben tomarse en cuenta las fábricas de acero en el puerto de New York, en New Jersey i a orillas del rio Delaware mas abajo de Philadelphia.

Ademas de los astilleros, hai otra fuerza económica que tiende a llevar



Siguiendo la centralizacion de la industria de hierro i acero en Bay Colony, Massachusetts (1); fábricas de laminadores que despues se establecieron en Alleghany Foothills (2); Despues de la guerra de la revolucion con el movimiento hácia el Oeste de la poblacion, los centros establecidos sobre curso del rio fueron a Cincinnati i Pittsburgh (3); miéntras tanto el desarrollo por ferrocarril ha dado a Chicago (4) una posicion de preponderancia i luego de acuerdo con el autor, a causa del comercio extranjero i construcciones navales será sobre todo importante en la costa del Atlántico.

la industria de hierro i acero junto al mar i es la posibilidad de un comercio de esportacion. Esta influencia justamente comenzó a sentirse poco ántes de la Guerra Mundial e indudablemente tendrá un marcado efecto cuando las naciones firmen la paz.

La industria de la costa, como la del lago, no trata de comprar coke de Connellsville sino que fabrica el que necesita. Las grandes i pequeñas ciudades del este ofrecen un admirable mercado para los sub-productos de la fabricacion de coke. Ademas algunos de los productores de hierro evitan los largos trasportes por ferrocarril de mineral americano i compran sus provisiones de él en Cuba, España o Suecia i aprovechan la ventaja del transporte barato por mar. Los trabajos en Sparrows Point, Md., e igualmente tan al interior como Steelton, cerca de Harrisburg, Pa., son ejemplos de fábricas que tienen establecida esta práctica. Tenemos, pues, una industria marítima de acero, que pronostica que existirá sin la presencia de los materiales en bruto cualesquiera que sean, todo el mineral, carbon i cal deben llevarse a ella. Sin embargo, su situacion junto al mar la habilita para conseguir barato todos estos materiales, miéntras que su acceso a los otros mercados es desventajoso.

Por consiguiente, la historia del hierro i acero termina donde empezó. Fué importante primeramente en la costa, porque ese fué el primer mercado de alguna consideracion que se presentó. Como el desarrollo del pais obligó al mercado a retirarse al interior, se siguió a esto la construccion de fábricas productoras i como el mercado en su expansion hizo nacer los progresos técnicos, éstos a su vez determinaron la localizacion de la industria.

Pero el crecimiento de un mercado nacional i los privilegios de la técnica rompieron las cadenas del monopolio i llevaron la industria a lugares donde mejor se pudiese alcanzar el mercado. Finalmente, nuevos mercados a orillas del océano, han devuelto la industria a las rejiones en que nacieron. En consecuencia, los mercados han sido siempre, la fuerza dominante que dirige el comercio de hierro i acero de nuestro pais.

## Estraccion de sales potásicas del salar de Pintados (I)

El U. S. Geological ha estendido sus investigaciones sobre yacimientos de sales potásicas a los países extranjeros. No ménos importante que la ubicacion es el método de trabajo que se debe aplicar a tales depósitos una vez descubiertos. Se da una descripcion del tratamiento de las costas salinas pobres en potasa que se encuentran en Chile. El procedimiento consiste en el empleo de cantidades limitadas de agua para disolver las sales potásicas sin disolver cantidades excesivas de otras sales. El presente artículo es anexo al informe sobre la potasa chilena de Hoyt S. Gale *publicado en Bol. N.º 234 de la S. N. de Minería.*

Las sales que forman la costra del Salar de Pintados, Tarapacá, descrito por Hoyt S. Gale en el informe anterior, contienen, segun el resultado de numerosos análisis, desde indicios hasta 7% de potasio, en forma de compuestos fácilmente solubles de agua. A juzgar por la proporcion de anhídrido sulfúrico, el mineral que comunmente se presenta es glaserita  $(K, Na)_2 SO_4$ . Es probable que tambien se encuentren Thenardita,  $Na_2 SO_4$ , con gran cantidad de halita,  $Na Cl$ . La presencia de pequeñas cantidades de calcio i magnesio que acusan los análisis hacen pensar que pueden hallarse presente algunos de los sulfatos dobles de calcio, magnesio, sodio i potasio, encerrados en grandes masas de las sales ya mencionadas.

### LAS SALES SE HALLAN ASOCIADAS CON NUMEROSOS MINERALES

El jeólogo señor H. S. Gale encontró en un punto bonitos cristales de glauberita i segun van't Hoff i Chiaraviglio los minerales probables como acompañantes de la glauberita fuera de la halita son, la reichardtita,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , la schoenita,  $MgK_2 (SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ , la bloedita  $Mg, K_2 (SO_4) \cdot 4H_2O$ , la thenardita i la glaserita. Sin embargo, para los fines de la práctica, se puede considerar el material, constituido principalmente de sulfatos i cloruros de sodio i potasio. El cuadro I muestra el resultado de algunos análisis efectuados sobre muestras típicas de la costra del salar.

(1) Del «Engineering and Mining Journal».—Abril 13 de 1918.

## CUADRO NÚM I

## ANÁLISIS DE LA COSTRA, SALAR DE PINTADOS, TARAPACÁ, CHILE

Muestra núms....	16	52	54	57	60	160
	—	—	—	—	—	—
	%	%	%	%	%	%
Insoluble.....	0.8	1.9	2.0	ind.	3.0	...
H <sup>2</sup> O.....	0.7	2.4	9.8	1.3	0.8	...
Ca.....	0.5	0.9	2.4	...	0.4	...
Mg.....	0.1	0.7	1.0	...	0.2	...
K.....	5.1	6.7	5.8	2.8	4.9	5.0
Na.....	31.9	28.8	25.2	35.3	32.1	32.2
Cl.....	40.6	41.4	45.7	47.1	45.8	41.3
SO <sup>4</sup> .....	19.4	17.1	7.5	13.1	12.3	17.3
	—	—	—	—	—	—
	99.1	99.9	99.4	99.6	99.6	95.8

Algunas partes del salar contienen una cantidad considerablemente mayor de materia insoluble—especialmente sulfato de calcio—agua i calcio, i menor cantidad de potasa que las muestras del cuadro I; pero, en la presente discusion solo consideraremos las sales potásicas mas ricas, que forman la zona central dura del salar.

La estraccion económica de las sales potásicas de este material, relativamente pobre, es un problema químico; pero es obvio que cualquier procedimiento debe fundarse sobre conocimientos relativos al comportamiento de las diversas sales que intervienen bajo diferentes condiciones de concentracion i temperatura.

Combustible, agua i mano de obra, todo talvez se podria obtener, en caso que fuera necesario, a precios comparables con los que rijen en las oficinas salitreras. En efecto, se ha propuesto para las sales del Salar el mismo tratamiento que se emplea en la estraccion del nitrato de sodio del caliche, pero hai varias objeciones que anotaremos en seguida, respecto de la aplicacion directa de este procedimiento a las sales del Salar. Puede ser que los procedimientos propuestos no sean comercialmente aptos; pero los resultados a que conducen permiten ver como se comportan las sales bajo condiciones determinadas i suministran una base para el estudio de los procedimientos desde el punto de vista técnico.

Las esperiencias que se realizan actualmente con la costra del Salar, hacen ver que una gran proporcion de la potasa se puede extraer por un tratamiento rápido del material triturado con agua a la temperatura ordi-



na, es decir, con una cantidad de agua insuficiente para disolver todo el cloruro de sodio, con lo cual se obtiene un caldo concentrado en potasa. La última columna del cuadro núm. 2 da la composición en por ciento de las sales obtenidas de este modo, tratando 10 gr. de la muestra N.º 60 durante 15 minutos con 10,3 cc. de agua mas o menos 20°C., filtrando despues por succion i lavando una vez con 2 cc. de agua. El filtrado contenia 52.6% del material empleado.

CUADRO NÚM. 2

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL TRATAMIENTO DE LA COSTRA DEL SALAR CON UNA CANTIDAD LIMITADA DE AGUA FRIA

	Sales del Salar %	Cantidad en % de cada constitu- yente extraido	Composicion en % de las sales extraidas
Ca.....	0.35	8.9	0.06
Mg.....	0.17	28.0	0.09
K.....	4.9	78.7	7.3
Na.....	32.1	52.8	31.8
Cl.....	45.8	50.4	43.9
SO <sup>4</sup> .....	12.3	70.4	16.5
	95.6		99.7

Se observará que el por ciento de potasa extraida con agua fria no es mas elevado que el de las mejores muestras de la costra del Salar. En otra esperiencia en la cual se mantuvo el material en lexicivacion durante tres dias a la temperatura ordinaria la cantidad de potasa llegó a 8% de la cantidad total de sales extraidas. Por lo tanto, aunque el procedimiento propuesto bastaria para efectuar con aparatos relativamente sencillos un enriquecimiento del material mas pobre, hai un límite definido mas allá del cual no es posible efectuar mayor concentracion sin introducir un nuevo factor. En las esperiencias siguientes se efectuó la extraccion a mayor temperatura.

Teóricamente, la cantidad de agua usada no deberia ser superior a la requerida para disolver la glaserita, i se puede tener una idea de la cantidad necesaria de agua por los datos de van't Hoff para 25º i 83º C., que se dan en el cuadro núm. 3.

## CUADRO NÚM 3

COMPOSICION EN POR CIENTO DE SOLUCIONES SATURADAS CON Na Cl, Na<sup>2</sup> SO<sup>4</sup>,  
I GLASERITA, I COMPOSICION EN POR CIENTO DE LAS SALES DISUELTAS.

	Solucion	Sales	Solucion	Sales
	—	—	—	—
	25°	25°	83°	83°
	—	—	—	—
	%	%	%	%
H <sup>2</sup> O.....	66.7	...	64.4	...
K.....	3.1	9.3	6.0	16.8
Na.....	10.3	30.9	9.0	25.3
Cl.....	14.7	44.2	16.5	46.4
SO <sup>4</sup> .....	5.2	15.6	4.1	11.5
	—	—	—	—
	100.0	100.0	100.0	100.0

A 25° la cantidad de agua que se necesita por 100 partes de material sería mas o ménos 25 veces el por ciento de potasio, i a 83° sería alrededor de 11 veces; es de suponer que la cantidad de agua que se requiere a la temperatura de ebullicion será mas o ménos 7 veces la lei en potasio. Esta cantidad de agua apénas alcanza para hacer una mezcla lijeramente espesa.

## MÉTODOS DE TRATAMIENTO

Basándose en el razonamiento precedente, se tomaron 100 gr. de la muestra núm. 160, trituiada hasta pasar por tamiz de 35 mallas, los que se mezclaron en un frasco con 37 cc. de agua caliente. Se ajitó la mezcla durante 15 minutos por rotacion del frasco dentro de una disolucion de sal o salmuera hirviente a 106° C. (para facilitar este movimiento sirvió como mango un tubo que atravesaba el tapon del frasco). La mezcla se secó despues en un aparato centrífugo i se lavó dos veces por decantacion.

El volúmen total de la disolucion obtenida era 37.2 cc. La cantidad de potasio estraído fué el 63% de la cantidad de este elemento contenido en la muestra. La proporcion de potasio, K, en la cantidad total de sales estraídas fué de 18.3%. La tercera columna del cuadro núm. 4 da el siguiente análisis de las sales estraídas: K = 18.3%, Na = 24.3%, SO<sup>4</sup> = 12.2% i Cl = 45.2%. Este caldo obtenido en caliente se podría evaporar a sequedad simplemente i esportar el residuo como sal potásica cruda.

Sin embargo, la solucion descrita depositó alrededor del 30% de las sales disueltas al evaporarla un poco i dejarla enfriarse hasta la temperatura ordinaria. El depósito se componía de una mezcla de sales con el

siguiente análisis: K=23.5%, Na=19.4%, Cl=35%, SO<sup>4</sup>=22.2%. Esta composición se calculó por diferencia, conociendo la composición de la solución original i la del líquido o agua madre restante.

CUADRO NÚM. 4

## RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LAS SALES DEL SALAR CON AGUA CALIENTE

	Sales del salar %	Cantidad extraída de cada constituyente %	Composición de las sales extraídas %	Composición en % del depósito de la primera cristalización del líquido	Composición en % de las sales quedadas en el líquido madre
K.....	5.0	63.5	18.3	23.4	16.1
Na.....	32.2	13.1	24.3	19.4	26.4
Cl.....	41.3	18.9	45.2	35.0	49.5
SO <sup>4</sup> .....	17.3	12.3	12.2	22.2	8.0
	<hr/> 95.8		<hr/> 100.0	<hr/> 100.0	<hr/> 100.0

El cuadro anterior pone de manifiesto de un modo notable los dos hechos siguientes: (1) El potasio se concentra considerablemente en la solución caliente, i (2) se elimina el sulfato de la disolución en cantidad considerable por la cristalización efectuada por enfriamiento i evaporación. En el acto se pueden presentar una serie de posibles variantes relativas a este punto i la elección del procedimiento dependerá en gran parte de la cuestión de si es o no una exigencia esencial. Los cristales de la primera cristalización i el agua madre se pueden tratar después por separado con el fin de preparar sulfato o cloruro de potasio puro respectivamente.

Para un tratamiento técnico de las sales del salar por agua caliente, talvez sería en realidad conveniente i de mayor eficiencia un proceso continuo. Los aparatos necesarios para reproducir las esperiencias descritas serian por ejemplo, una combinación de un mezclador rotatorio continuo, proyectado para trabajar a temperatura próxima a la del punto de ebullición de la solución, i un filtro de vacío continuo, del tipo de tambor rotatorio.

## OTROS MÉTODOS DE EXTRACCION

Podemos tratar brevemente de otros métodos propuestos para la extracción de la potasa. Uno de ellos consiste en la extracción de las sales por un proceso cíclico, usando, a lo ménos en parte, el agua madre final

para lexiviar porciones frescas de las sales orijinales. Este procedimiento es análogo al que se emplea en la estraccion del nitrato sódico del caliche. Sin embargo, se ha encontrado que el tratamiento en caliente de las sales del Salar no produce un depósito de sal potásica pura al enfriar la disolucion. Esto se puede notar por el análisis que se da en el cuadro núm. 4 de los cristales de la primera depositacion. Este hecho que ha sido confirmado por varias otras esperiencias. Este procedimiento da buenos resultados en la estraccion del salitre debido a la mayor solubilidad del nitrato sódico i a que el caliche tiene mayor lei en esta sal que las sales del Salar en sales potásicas.

La produccion de cloruro i sulfato de potasio por ciclo de operaciones seria inferior a la de nitrato sódico. Ademas, el residuo que queda despues de hervir la solucion tendria que lavarse i habria que quitarle toda la solucion absorbida a fin de obtener una estraccion eficiente. Finalmente, el tamaño de los trozos que permitiria el rendimiento mas alto debe determinarse. En el tratamiento del caliche se emplean trozos grandes, i el agua los penetra i disuelve el nitrato sódico, lo que no ocurriria con las sales potásicas. Por lo tanto, parece que el procedimiento empleado para el caliche no se puede aplicar sin modificaciones al tratamiento de las sales del salar.

Sin embargo, hai una modificacion que bien se podria ensayar. Es bien sabido que el nitrato potásico se puede producir con nitrato de sodio i cloruro de potasio. El agua madre del cuadro núm. 4 se podria tratar con nitrato sódico para obtener nitrato potásico o bien, lo que talvez daria lo mismo, se podrian tratar juntos las sales del Salar i caliche por el procedimiento corriente aplicado al salitre, a fin de producir una lejía madre suficientemente rica en potasio para suministrar la sal mencionada por simple cristalizacion. Todo el problema en este caso se reduce a saber si la ganancia en potasa cubrirá la pérdida orijinada por la reduccion en la eficiencia de la estraccion del nitrato. Lo probable es que, como procedimiento, no seria éste mejor que el tratamiento directo de las sales del Salar por agua caliente, pero tendria la ventaja de que ahorraria gastos de instalaciones especiales ya que los planteles de las oficinas salitreras están disponibles i no a gran distancia del Salar.

ROGER C. WELLS.

Physical Chemist, U. S. Geological Survey.

## La concentracion de los sulfuros minerales por la flotacion <sup>(1)</sup>

A escepcion de aquellos métodos que dependen de la aplicacion de la electricidad, puede decirse en términos jenerales que la diferencia de gravedad específica de los distintos cuerpos ha sido el principio fundamental en que se ha basado toda concentracion.

El carácter revolucionario del procedimiento de flotaciones tan radical que este principio ha sido completamente abandonado, i aunque continúa usándose el agua como medio, las sustancias mas pesadas son las que ahora suben a la superficie miéntras que las mas ligeras se sumerjen.

Ya desde 1860 se pudo comprobar que los aceites i grasas mostraban una preferencia por seleccionar los sulfuros metálicos de entre la ganga i se hicieron muchas tentativas para aprovechar comercialmente este fenómeno físico; pero verdadero éxito no se obtuvo hasta 1910 en que la flotacion con aceite quedó establecida como un procedimiento comercial para concentrar rezagos de mineral de zinc en Australia. En 1905 se sometieron en Lóndres muestras de minerales cubanos a otros procedimientos, sin obtenerse resultados comerciales. En 1912 se construyó en El Cobre (2) una planta de ensayo para competir con un nuevo concentrador de gravedad. Desde entónces se han tratado 500,000 toneladas por la flotacion.

Así vemos que la primera mina de cobre del hemisferio occidental ha sido una de las primeras en instalar el adelanto mayor que se haya hecho en materia de concentracion.

En el libro de T. J. Hoover, «Concentrating Ores by Flotation» puede leerse una historia bastante completa del procedimiento.

Puede obtenerse una idea de la importancia de este procedimiento en vista de los cálculos hechos por el señor Hoover, segun el cual se han obtenido ya con el procedimiento:

(1) Tomado del Boletín de Minas de Cuba, Enero, 1918.

(2) Las minas de «El Cobre» están en la provincia Oriente, Cuba.

1.800,000 toneladas de zinc.  
 180,000 toneladas de plomo.  
 40.000,000 onzas de plata.  
 20.000,000 libras de cobre.

de material prácticamente de desecho.

Las mas grandes minas de sulfuros del mundo ya han instalado o están instalando este procedimiento. I se comprende, porque con él se recupera del diez al veinte por ciento mas que con la concentracion por la gravedad. El costo es casi igual i la inversion en el concentrador mucho menor.

#### TEORÍA DEL PROCEDIMIENTO

La flotacion de los minerales depende primeramente de la propiedad selectiva de los aceites i en segundo lugar de la fuerza elevadora de una burbuja de aire, u otro gas, recubierta de una película de aceite.

La accion selectiva del aceite por los cristales de los sulfuros era conocida desde hace tiempo, i este solo fenómeno trató de utilizarse en la concentracion. El mineral era molido i mezclado con grandes cantidades de aceite, i las partículas de sulfuros tomadas de aceite coagulaban en masas que eran por tanto mas pesadas que la ganga. Entónces, para efectuar la separacion habia que descansar en la gravedad específica de estas masas coaguladas.

El gran paso de adelanto fué el abandono de la utilizacion de las diferencias de gravedad específica i el descubrimiento de que una pequeña cantidad de aceite mezclada con agua i ajitada producía una emulsion de diminutas burbujas de aire, rodeada cada una por una película de aceite. Si se introduce un sulfuro mineral en esta emulsion, las burbujas de aire recubiertas de aceite recojen en su periferia los sulfuros i suben a la superficie formando una espuma sostenida por el aire i manteniendo en ella en suspension a los sulfuros, miéntras que la ganga descende a través de la masa de agua i no se adhiere a las burbujas de aire i aceite.

#### MÉTODOS PARA PRODUCIR LA ESPUMA

Puede producirse una espuma mantenida por burbujas de aire ajitando violentamente aceite i agua, introduciendo aire comprimido en el agua, o arrojando aceite i agua desde una altura.

También se forman las burbujas provocando que se forme un gas dentro del agua, i en este caso el gas jenerado sustituye al aire. En el caso de que el mineral tenga ganga carbonatosa podrá formarse fácilmente  $\text{CO}_2$ , añadiendo un ácido al agua i al mineral, i este método ha sido empleado con éxito. El aire es, sin embargo, el ajente de suspension mas barato i el que principalmente se usa hoi dia.

#### REACTIVOS

Varios aceites se usan para recojer el mineral formando espuma. Los producidos de las maderas son buenos formadores de espuma, si bien los aceites minerales son mejores colectores i a veces se usan ámbos para obtener los resultados apetecibles. La eleccion del aceite la determina a menudo su precio, pues hai varios aceites que dan idénticos resultados con ciertos minerales. Algunos minerales requieren que se establezca un circuito ácido caliente para que el aceite recoja debidamente el mineral, miéntras que otros concentran perfectamente en un circuito neutro en frio. En jeneral, los aceites de pino se usan como formadores de espuma. Las creosotas i los ácidos cresílico i fénico crudo i los alquitranes como colectores, i los combustibles para condensar la espuma. Veinte clases de aceites han sido ensayados en innumerables combinaciones en El Cobre. Los mejores resultados se han obtenido con ácido cresílico, petróleo asfáltico crudo alto, i petróleo parafínico lijero.

El talco i el kaolin absorben mecánicamente los aceites e impiden que recojan los sulfuros. La borra resultante contiene mineral legamoso i ocasiona un desperdicio de aceite i de mineral. La soda cáustica i el silicato de soda cortan la borra i dejan las diminutas partículas separadas en suspension en el agua, desligando de este modo el aceite i el mineral. El adecuado empleo de estos ajentes desligadores es de la mayor importancia en muchos casos. Esta accion es debida probablemente a la reversion de la carga de electricidad estática de las diminutas partículas. La teoría electrostática de las burbujas de aceite ha sido preconizada, pero los principios elementales que interesa conocer al metalurjista práctico son:

- 1.º Que se produzca una espuma de consistencia bastante para sostener la carga de mineral hasta que pueda ser retirada de la superficie del agua.
- 2.º Que se emplee un aceite que seleccione el mineral de entre la ganga.
- 3.º Que se halle la justa proporcion del aceite, pues su exceso hará que las partículas minerales coagulen sin aire i la masa se sumerja junto con la ganga; miéntras que mui poco aceite no recojerá todo el mineral.
- 4.º Que el aceite se ponga en contacto con las superficies minerales

frescas ántes de que se oxiden. Esto se realiza mejor añadiendo el aceite en la trituradora cuando el mineral es humedecido por primera vez. En algunos casos es mejor mezclar el aceite i el agua ántes de adicionarlos al mineral.

#### MOLINO PARA LA FLOTACION EN LAS MINAS DE «EL COBRE»

En estas minas el molino que hai es para flotacion directa, en el que se emplean mesas concentradoras despues de las flotaciones para recuperar las piritas gruesas que contienen algo cobre.

#### DIAGRAMA DE LA CIRCULACION

Se sube el mineral en un aparejo vertical de cajas de volteo automático que pasa sobre una criba gruesa de 5 centímetros. El material fino cae en una tolva i el grueso va a una trituradora de quijada.

La alimentacion del material fino se efectúa por medio de un alimentador de sacudimiento sobre una correa recojedor colocada delante de la trituradora de quijada de modo de hacer cama para el material mas grueso protejiendo la correa. La correa recojedor sirve a dos fines:

- 1.º La recojida de la salbanda arcillosa i maderas.
- 2.º La recuperacion de ricos pedazos de mineral.

La trituracion en seco se ejecuta por mazas cilíndricas en dos estados, tamizándose el material sobre cernidores vibratorios. A escepcion del dispositivo del conductor, no hai nada especial que mencionar en la planta de trituracion en seco. Todas las mazas van instaladas en un mismo piso i no hai elevadores. La recojida i media elevacion se efectúa por medio de dos correas conductoras i la media elevacion i alimentacion a las cribas por dos correas que se cruzan.

El mineral se tritura para que pase la malla 6 i se lleva por un conductor de correa a una tolva en la planta superior del taller de concentracion instalada en la falda del cerro sin elevadores.

El mineral fino procedente del depósito principal es conducido por alimentadores Challenge directamente a molinos Hardinge i molinos tubulares pasándose por clasificadores intermedios Akins cuando el mineral es mui fangoso.

Cuando se dispone de un buen mineral seco no reporta ventajas la clasificacion preliminar. Cuando se trata de relleno, roca descompuesta o pedruzcos, se obtiene una considerable economía de aceite efectuando la clasificacion preliminar. Cuando se opta por esta clasificacion los finos



simplemente se desvian por fuera de los molinos tubulares i se combina con el producto de éstos.

El aceite se suministra a los molinos con la pulpa. Es mui importante que la proporcion de aceite para el mineral se mantenga mui constante, pues un porcentaje mui grande de aceite o mui pequeño podrian afectar el funcionamiento de la planta. Una máquina mui sencilla fundada en los mismos principios que una rueda elevadora de agua, adaptable a varias velocidades, ha sido inventada i usada por primera vez en El Cobre para suministrar el aceite a cada molino separadamente, dando excelentes resultados.

La pulpa impregnada de aceite i molida (sesenta por ciento a traves de la malla de sesenta) es la combinacion del producto de todos los molinos i así entra en la máquina espumadora de la Minerals Separation Company. Esta máquina es una combinacion de cajas agitadoras i cajas decantadoras en pirámide invertida. La pulpa entra en una caja cuadrada de 91,5 por 91,5 cm. i por 122 cm. de profundidad donde es ajitada por una hélice de 61 cm. que jiraa una velocidad periférica de 33.5 m/seg.

Esta hélice es del tipo Hebbard i consiste en un disco con paletas curvas radiales en su parte superior i en la inferior. La pulpa i el aire i el agua son batidos todos juntos en la caja agitadora i entónces derraman dentro de una caja asentadora de 91,5 cm. de ancho por 122 cm. de largo por su parte superior i cuyas paredes van reduciéndose hasta terminar con el fondo en forma de cuña a 3,05 m. de profundidad. La ganga cae hácia el fondo de esta caja en pirámide invertida, llamada «spitz», que está provista de su llave i tubo que conduce a la caja agitadora contigua. Las paletas inferiores del agitador actúan a manera de bomba para elevar lá pulpa del fondo desde el «spitz» i a traves del tubo hácia arriba a traves del fondo de la caja agitadora. Trece de estas cajas van dispuestas en serie i el volúmen total de pulpa circula a traves de todas las cajas descargando su espuma en cada asentadora o «spitz». La pulpa remanente es entónces clasificada i los gruesos se pasan por mesas Wilfley, siendo conducidos los rezagos a la pila del material de desecho miéntras que el material fino es espesado para recuperar agua. Estos finos que son todo material de malla 100 si tienen suficiente riqueza son sometidos a ulterior tratamiento en aparatos llamados de subaireacion, en los que el aire se hace pasar por entre la pulpa forzando aire comprimido a traves de un fondo poroso. Esto sólo se hace en El Cobre en determinadas condiciones del mineral que se trata.

La espuma se recoje de la superficie del agua de las cajas «spitz» con paletas.

En caso de que la espuma de alguna de las cajas terminales contenga mucha sílice se la devuelve a la primera caja donde se limpia con pulpa fresca. La espuma enriquecida corre hácia los clasificadores Akins i el con-

centrado de—100 es descargado por aquellos en los depósitos de embarque. El de —100 se espesa i filtra con un filtro Oliver.

El molino es movido por electricidad jenerada con fuerza de vapor, requiriéndose para la trituracion i concentrador 550 HP.

La mezcla de aceite actualmente empleada es de 1,15 Kgs. de fénic comercial, 0,46 Kgs de petróleo crudo base asfalto, 0,55 Kgs. petróleo de combustible i 2,76 Kgs. de silicato de sosa.

Diariamente se concentran 600 toneladas de igual mineral de 3 por 100 de cobre. Se obtiene un concentrado del 16 por 100 que contiene el 20 de sílice, el 34 de azufre i el 30 de hierro. Este producto se embarca junto con el mineral crudo de alto grado con destino a las fundiciones americanas.

#### CONCLUSION

La flotacion promete relegar la concentracion por gravedad de los sulfuros minerales a la categoría de un procedimiento de interes solo histórico. Sus progresos han sido mui rápidos i ya se están recubriendo los carbonatos de una lijera capa de sulfuro para su flotacion, pudiendo profetizarse que la flotacion en breve habrá de sustituir en las minas a los procedimientos que dependen de la gravedad específica para la concentracion.



## La electrometalurjia en Italia

LINGOTE DE HIERRO.—ACERO.—FERROS.—ALUMINIO

Son notabilísimos los progresos que ha alcanzado el horno eléctrico en Italia, singularmente durante la guerra, a juzgar por las notas que publican el *Journal du Four Electrique* i *La Metallurgia Italiana*. Los trabajos de los dos precursores, Ziani de Ferranti i Stassano, han sido proseguidos

con fruto por Bassanesi, Angelini, Tafani, Catani, i otros. Es mui de notar la iniciativa de la Sociedad de Terni que ha fundado, con el concurso de su vicepresidente el ingeniero Giuseppe Orlando, un *Instituto Superior Electrosiderúrgico* dedicado a estudios i esperimentos sobre aplicaciones del horno eléctrico, cuyos resultados se publicarán en beneficio jeneral de la industria metalúrgica.

El número de esos hornos se ha desarrollado en aquel pais de una manera extraordinaria, si bien son en su mayor parte de pequeñas dimensiones; los aparatos de 100 kilovatios son los que mas abundan.

Lo que mas nos ha llamado la atencion es que en Italia ha empezado a producirse el lingote eléctrico, cosa que ignorábamos. Se destinan a esa fabricacion una decena de hornos, la mayor parte de los cuales se destinaban ántes a obtener carburo de calcio. La mas importante productora de lingote es una sociedad, cuyo nombre está suprimido por la censura en la revista italiana, que ha levantado un horno alto Keller que en 1916 produjo 6,916 toneladas de lingote. La produccion total en Italia fué de 30,000 toneladas tratando directamente minerales, si bien una cierta parte de esa produccion fué de hierro colado sintético, con 3 por 100 de silicio, obtenido con torneaduras de acero.

La principal produccion de ferroaleaciones, es la de ferrosilíceo; en 1916 se obtuvieron unas 10,000 toneladas: la mitad de 10-12 por 100 i la otra mitad de 45-75 por 100.

Con menas importadas se obtienen tambien en el horno eléctrico ferrocromo, ferrotungsteno, ferromolibdeno, ferromanganeso i ferrosilicomanganeso, para las necesidades de la defensa nacional i para la fabricacion de aceros de corte rápido.

Tres empresas (los nombres suprimidos así como los lugares en que están los establecimientos) fabrican aluminio, que es mui necesario, sobre todo para aparatos de aviacion. Creemos que se valen de alúmina que importan de Francia.

Segun una estadística que está formando la *Associazione fra gli Industriali Metallurgici Italiani*, existian en las fábricas siderúrgicas de Italia a fines del año pasado 187 hornos eléctricos de variados sistemas i potencias. He aquí el cuadro:

Sistema del horno	Piamonte	Lombardía	Otras regiones	Totales
—	—	—	—	—
Angelini.....	1	21	—	22
Ansaldo.....	—	—	1	1
Bassanesi i Stassano-Bassanesi.....	18	19	3	40
Catani.....	—	—	2	2
Girod.....	—	4	—	4

Sistema del horno	Piamonte	Lombardía	Otras rejonnes	Total
—	—	—	—	—
Hércult.....	—	11	3	14
Keller.....	—	10	—	10
Kielling.....	—	1	—	1
Ilva.....	—	—	3	3
Sopranzi.....	—	1	—	1
Stassano.....	2	15	9	26
Tofani.....	3	—	2	5
Otros no clasificados.....	14	35	9	58
Totales.....	38	117	32	187

Este número no llegaba ni a la quinta parte ántes de la guerra. Segun *La Metallurgia Italiana*, la relacion es todavia incompleta, i de todas maneras pone a Italia en primera línea en electrometalurgia.

Algunos de esos hornos son de dimensiones relativamente grandes, de 8 a 15 toneladas, i bastantes son de 3 a 5 toneladas, pero la mayor parte no exceden de 1 a 2 toneladas.

Lo mismo las fábricas metalúrgicas que las electroquímicas han hecho allí un gran esfuerzo para desarrollar el aprovechamiento de la enerjía hidráulica del pais, hoi mas útil que nunca a causa de la crisis de los carbones. Sin embargo, no son pocos los hornos eléctricos que se alimentan con corriente jenerada por medio de motores que utilizan los gases de altos hornos i de hornos coke.



## La química de los minerales

La idea de que todos los minerales son sustancias naturales con propiedades químicas i físicas definidas, debe modificarse, pues ahora es bien sabido que la composicion química i las propiedades físicas de muchos de ellos—de la gran mayoría—varían dentro de ciertos límites. La mayor parte de estas variaciones no deben atribuirse a las impurezas accidentales del

mineral, sino que más bien son inherentes a su estructura química, i ha por tanto, que considerarlas como características, de la misma manera que las propiedades definidas se toman como típicas.

Por mucho tiempo la composición química ha sido considerada como fundamental de los minerales, pues que a ella están sujetas las demás propiedades. Habitualmente se la expresa por medio de fórmulas químicas exactas:  $\text{CaCO}_3$  para la calcita,  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  (o escrita en mejor forma,  $\text{K O Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) para la ortoclasa, etc., etc. La fórmula se deriva de un análisis cuantitativo i representa las proporciones en que los elementos componentes se combinan. Raras veces el análisis de un mineral da resultados absolutamente de conformidad con la composición teórica o ideal expresada por su fórmula. En el caso de los minerales de composición simple, tales como el cuarzo, el yeso i la fluorita, la diferencia es poca i cae dentro de los límites de error del análisis. Pero, tratándose de minerales de composición más complicada, i aun de muchos de composición simple, la variación es mayor de la que puede razonablemente atribuirse al análisis—cuyos errores en este caso pueden quedar dentro de los límites debidos—i entónces ella expresa una característica del mineral mismo. Fijarse exclusivamente en la constancia de los minerales i pasar por alto su variabilidad, equivale a perder de vista la mitad de lo que significan.

A la luz de nuestros conocimientos actuales, la variabilidad química entre los minerales puede atribuirse a varios factores, en cuyo número podemos contar las impurezas intercrystalizadas, la absorción de materias extrañas por minerales coloidales (una forma de solución sólida), la solución sólida de substancias cristalinas isomorfas, la solución sólida de substancias cristalinas heteromorfas i la alteración química.

#### MATERIAS EXTRAÑAS PRESENTES EN LOS CRISTALES

Los minerales se forman de varias maneras: son depositados de soluciones frías o calientes; se separan de material de roca en ignición (magma); son depositados por vapores i gases, etc., etc. Las condiciones en que se verifican sus formaciones son complejas; hai en presencia muchos elementos químicos, i rara vez tienen la pureza ideal.

Si el mineral tiene tiempo suficiente i condiciones favorables para cristalizarse, atrae hacia sí únicamente sus propios elementos i repele toda substancia extraña que se le aproxime. Sin embargo, algo de estas materias es arrastrado hacia él i tiende a cristalizarse en la forma de pequeños cristales, que tienen a la vez la pureza de su especie. Raros son los cristales transparentes que, hendidos en capas delgadas i vistos con un microscopio fotográfico potente, no presenten un número variable de estos cuerpos

extraños. Hasta el cuarzo, que está clasificado entre los minerales mas puros, contiene a menudo pequeñas burbujitas de dióxido de carbono líquido o mas bien de impurezas, careciendo entónces de integridad absoluta. I desde que el microscopio metalográfico ha sido aplicado sobre las superficies pulidas de minerales opacos, muchos de éstos han ofrecido a la vista inter-cristalizaciones íntimas de minerales asociados, que en algunos casos solo son visibles en las ampliaciones mas grandes que pueden obtenerse. Las pequenísimas incrustaciones de bornita i chalcocita observadas en minerales procedentes de Virgílica en Virginia, de Monte Lyell en Tasmania i de Butte en Montana, prueba la tendencia de los minerales de sulfuros a formar inter-cristalizaciones.

Existe sobrada razon para creer que las impurezas cristalizadas varían hasta las dimensiones submicroscópicas; el límite de la visibilidad microscópica lo marca la longitud de una onda luminosa, cuya amplitud requiere millares de moléculas para desarrollarse i que puede proporcionar amplio espacio para la cristalización (1). Muchas observaciones confirman esta creencia. Las magnetitas titaníferas, por ejemplo, tales como las presentan detallados estudios microscópicos hechos por J. T. Singewald, jr. para la Direccion de Minas, están formadas de incrustaciones de magnetita e ilmenita, presentándose esta última en muchos casos como diminutas laminillas que llegan a tener un tamaño de 0.001 mm. i de anchura aún menor; pero algunos ejemplares en que la ilmenita no era microscópicamente visible, dieron en el análisis hasta 6% de Ti, resultado que de manera enérgica sujere la presencia de ilmenita no visible al microscopio (2).

Un segundo ejemplo lo tenemos en la pirita cuprífera; pues miétras que en ella repetidas veces se ha demostrado que el contenido de cobre es debido a la chalcopirita incrustada, en algunos minerales, de preferencia los que proceden de Monte Lyell en la Tasmania, el cobre fué descubierto en fragmentos libres de chalcopirita visible al microscopio, no obstante que en algunos trozos de mineral se descubria invariablemente la chalcopirita en pequenísimos desarrollos microscópicos. Pero naturalmente debemos establecer un límite entre las incrustaciones físicas (intercristalización) i la incrustación molecular (solución sólida), aunque el límite de la visibilidad microscópica es evidentemente demasiado artificial para la seleccion.

· Cuando los minerales dejan de cristalizarse, o se cristalizan solo de manera imperfecta, poseen ménos potencia para rechazar las impurezas, i tales minerales pueden ser mas bien impuros que bien cristalizados.

(1) El límite de la visibilidad microscópica varía de 0.0008 a 0.0004 mm.

(2) Singewald dedujo que estos resultados parecian indicar que la misma molécula de magnetita lleva titanio en relacion isomorfa con el fierro, formando lo que se llama *stitanomagnetita*.

## LA ABSORCION EN LA COMPOSICION MINERAL

Esto nos conduce a una clase de minerales en los cuales un proceso llamado «*absorcion*» desempeña importante papel con respecto a la composicion química. Este proceso es de capital importancia entre los minerales amorfos—aquellos que están caracterizados por la falta de disposicion molecular ordenada. Parece que los minerales que se solidifican con orientacion molecular—es decir, cristalizándose—tienden a arrojar lejos de sí las materias estrañas, en tanto que los minerales que se solidifican en conjunto molecular accidental, carecen no solamente de esta potencia purificadora, sino que en muchos casos ejercen atraccion o *absorcion* de las impurezas. De aquí nace la importancia de saber si tenemos ante la vista un mineral cristalino o un mineral amorfo, o como ahora decimos, coloidal (1).

Todos los minerales que presentan un carácter amorfo (no cristalino) al microscopio—i esta condicion se manifiesta exteriormente por aspectos semejantes al de la cera, al de la goma i por superficies redondas—tienen que ser considerados como coloidales sólidos, o jelatinas (2).

Ahora bien, los minerales cristalinos se han separado de soluciones ordinarias o de materias en ignicion o de vapores. Las jelatinas o minerales coloidales, por otra parte, se han formado de soluciones coloidales. Es, pues, importante comprender con toda claridad lo que es una solucion coloidal i la diferencia que existe entre ella i una verdadera solucion.

Una solucion propiamente dicha es una suspension de moléculas simples o de moléculas en todo o en parte descompuestas en partículas cargadas de electricidad, conocidas con el nombre de *iones*, en un líquido. Las moléculas i los iones no manifiestan tendencias a asentarse, sino que por el contrario, se diseminan i difunden hasta encontrarse uniformemente distribuidas en el medio solvente. No pueden ser separadas por medios mecánicos, son suficientemente pequeñas para pasar por los poros de los filtros, de las membranas i de las rocas.

## LAS SOLUCIONES COLOIDALES ISUS VARIACIONES

La solucion coloidal es aquella en que la sustancia disuelta está finamente dividida, siendo sus partículas mas grandes que el tamaño que se

(1) El término *cristalino* se refiere a la estructura interna en oposicion a *cristalizado*, que se refiere a la forma exterior. Todo mineral cristalizado es cristalino, pero no todo cristalino es cristalizado. La palabra *cristaloide* es conveniente para designar un mineral que no es amorfo, es decir, no coloide.

(2) Una solucion coloidal coagulada se llama *jelatina*, por el aspecto que tiene, de jalea. El mismo término se aplica a los minerales orijinados de esa manera.

ha calculado para las moléculas, pero mas pequeñas que las partículas desunidas visibles al microscopio. Estas partículas no se encuentran en sólo suspensión mecánica; sobre ellas se ejerce otra influencia que no es ni la gravedad ni la viscosidad. Están eléctricamente cargadas (la mayoría son negativas) i en movimiento constante. A semejanza de las partículas de las soluciones propiamente dichas, no se difunden, o lo hacen con suma lentitud, i producen poco efecto sobre el punto de ebullicion i congelacion de la solucion. Son mantenidas en suspensión por sus tensiones superficiales i cargas eléctricas; tambien con frecuencia, lo son por la presencia de sustancias como el sulfuro de hidrójenu o ciertas sales de potasio, conocidas como agentes de dispersion. Por la influencia de estos agentes o por la adición de otras sustancias que se descomponen en iones que llevan cargas opuestas a las de las partículas coloidales (sustancias conocidas como agentes coagulantes), o bien despues de la evaporacion del líquido, las materias en suspensión son separadas. Este precipitado se puede cristalizar desde luego o asentarse con lentitud como una jalea, conservando algo del disolvente i endureciéndose lentamente hasta formar un coloide sólido, o jelatina. La jalea, miéntras está endureciéndose i aun despues de la solidificacion, actúa de manera absorbente sobre el material que queda en solucion i que es proporcionado por las últimas soluciones, atrayendo i sosteniendo permanentemente mayor o menor cantidad de ellas. El proceso parece estar sujeto, en parte cuando ménos, a la enorme estension de superficie espuesta por los agregados coloidales i la excesiva tension superficial establecida por ella, i no es debido principalmente a la afinidad química en el sentido ordinario.

Así, pues, los minerales que se han formado de soluciones coloidales denotan marcadas variaciones en su composicion, debidas a este proceso de absorcion. Muchos son compuestos de absorcion, diferenciándose de los compuestos químicos en el hecho esencial de que los componentes no están presentes en proporciones definidas, sino en proporciones variables. La crisocola, silicato hidratado de cobre, es un ejemplo de dichos compuestos. Es un mineral coloidal típico, amorfo, variable en composicion. Tiene que ser considerado, no como un compuesto químico definido, sino como una mezcla homojénea de  $\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  en proporciones variables, es decir, una solucion sólida de estos componentes. En este caso son esenciales los tres elementos.

Existen otros minerales coloidales que denotan especies variables de impurezas absorbidas, pero dicho material en oclusion o disuelto, deberia distinguirse con cuidado de otros componentes, que aunque están presentes en menor cantidad, dan características importantes al mineral. El psilomelán constituye un buen ejemplo de mineral en que es difícil distinguir los componentes absorbidos de las impurezas absorbidas. Químicamente, se compone por lo jeneral de  $\text{MnO}_2$  con cantidades pequeñas, aunque va-



riables, de  $MnO$ ,  $BaO$ ,  $H^2O$ ,  $Cu^2O$ ,  $H^3O$ , etc. Su núcleo es  $MnO^2$ , i los otros compuestos fueron absorbidos durante la formacion, o, en parte, despues. Quitense éstos i el mineral se desintegrará; de ellos toma algunas de sus cualidades; su dureza, por ejemplo, la toma de  $BaO$ . Es, pues, obvio que algunos de estos componentes deben considerarse como esenciales, aun cuando no se ajusten a ninguna fórmula química definida. I ciertamente no ocurren en combinacion química.

Hai un tipo de solucion coloidal del que la naturaleza nos da un ejemplo en el ácido silícico i caracterizado por un alto grado de viscosidad, en el que las partículas en suspension no son ríjidas, sino plásticas; estas soluciones representan emulsiones coloidales. A semejanza de las suspensiones coloidales (1) se endurecen, o se asientan, hasta formar jelatinas. Su presencia, aun en pequeña cantidad, en una suspension coloidal, aumenta sobremanera la estabilidad de la suspension, i de aquí que se les haya llamado *coloides protectores*. Indudablemente que desempeñan un papel mui importante, pero hasta la fecha no bien comprendido, en la formacion mineral.

Los trabajos verificados sobre el ácido silícico e hidratos de fierro, aluminio, cromo, etc., han demostrado que estos compuestos, que al endurecerse se apartan de una emulsion coloidal, no son hidratos definidos, sino que muestran un contenido de agua en proporcion determinada con respecto a la de la atmósfera ambiente. ¿No podriamos esperar que el agua de jelatinizacion contenida en los hidratos naturales (limonita, bauxita, etc.) llegara a descubrirnos muchos de los detalles de las condiciones climatéricas bajo las cuales se desarrollan dichos minerales? En verdad, hemos llegado ya a comprender que los minerales coloidales se forman jeneralmente en la superficie o cerca de ella, por el proceso de alteracion por la accion de la atmósfera; en tanto que los minerales cristalinos, son en jeneral el producto de mayores profundidades i mas elevadas temperaturas. Como la accion de la atmósfera depende en su mayor parte de las condiciones del clima, tenemos en los minerales coloidales la llave que nos abra el paso a los climas del pasado. En 1911, Félix Cornu dió a conocer que la tierra podia eventualmente dividirse en rejiones de jelatinas típicas, que servirian para darnos indicios sobre la distribucion de la flora i la fauna.

#### CARACTERÍSTICAS DE LAS CONDICIONES COLOIDALES

En cuanto a las condiciones moleculares del material absorbido por minerales coloidales, nada podemos decir aún con exactitud; pero del hecho de que las jelatinas coloidales presenten a las soluciones coloidales una

(1) Solucion coloidal en que las partículas en suspension son ríjidas; el tipo comun de la solucion coloidal en la naturaleza.

barrera difícil de franquear, aunque con facilidad permitan la difusión de las sales (electrolitos), podemos decir que las sustancias absorbidas—cuando ménos las que lo son despues de la solidificación del mineral—no son ellas mismas necesariamente coloidales, sino que pueden ser cristalinas o estar en condicion de ionización. Los procesos de difusión, (de los cuales es un efecto la absorción en los coloides) son de mucha trascendencia en la naturaleza, i sobre ellos se insistió mucho en las investigaciones de Liebgesang, quien ha descubierto e investigado en particular un procedimiento de precipitación rítmica, especialmente potente en medios coloidales, i que, por lo tanto, puede aplicarse en la formación de los minerales. Los resultados de este procedimiento están bien ilustrados por el ágata, que ya no se considera como depositada en capas concéntricas, sino como desarrollada por una difusión lenta de sales de fierro a través de una jelatina de sílice, con precipitación de un compuesto de fierro a intervalos regulares a través de la masa. La precipitación periódica o rítmica en las sustancias coloidales puede producirse en el laboratorio químico, i el principio ha sido llevado al grado de explicar tales fenómenos geológicos, como los anillos i ciertos tipos de estructuras minerales en listas, como originados por las condiciones de la atmósfera.

El poder absorbente de los compuestos no cristalinos se manifiesta plenamente durante el curso de un análisis cuantitativo por el hidrato férrico, que se precipita en condiciones coloidales i arrastra consigo el ácido fosfórico, el ácido bórico, etc. Entre las sustancias minerales no puede presentarse un ejemplo mejor que la greda (una arcilla coloidal), que posee en grado notable el poder de quitar el color de aceites i grasas. La propiedad que el kaolín tiene de adherirse a la lengua, pone de manifiesto su gran poder absorbente.

#### CAPACIDAD PARA DISIPAR I POLARIZAR LA LUZ

Las sustancias en suspensión coloidal tienen la propiedad de disipar i polarizar un rayo de luz. Se puede dar al vidrio un color rojo difundiendo en él oro coloidal. Muchos minerales deben su color a indicios de material presente en suspensión coloidal, i este concepto está aclarando todas nuestras dudas en el tenebroso campo de la coloración mineral, i ha venido a servir para dar explicación a algunos de los cambios de color que se experimentan sometiendo la sustancia a las emanaciones del radio. La halita, por ejemplo, se ha comprobado que debe su matiz tan abigarrado al sodio coloidal difundido. Dicha halita pierde su color sometiéndola al calor, volviéndola a recobrar si se le calienta en vapores de sodio metálico o se la espone a las emanaciones del radio.

Muchos minerales tienen el aspecto de coloides, pero tienen estructuras

internas, fibrosas i foliadas. Estos pueden llamarse *metacoloïdes*, como lo ha sujerido Wherry. Ejemplos de esta clase son: la calcedonia, la limonita, la malaquita, la serpentina, etc. Orijinalmente fueron coloidales, pero se han convertido en mas o ménos cristalinos por causa de la simple disposicion molecular (1). En los metacoloïdes ocurre la absorcion, así es que la cristalinidad de dichos compuestos no garantiza su pureza.

En algunos minerales puede presentarse una mezcla de componentes cristalinos i coloidales. Por ejemplo, el *meerschaum* (sepiolita) procedente de la península de Grecia, se ha visto que consiste en una mezcla de silicato fibroso de propiedades constantes, i de una jelatina. Se ha visto que esta parte de jelatina está manchada de una manera intensa, lo que es resultado de su poder absorbente, miéntras que la parte cristalina no sufrió efectos en presencia de la mancha. Se supone que el mineral haya sido orijinalmente depositado como coloide i que de éste se formó lentamente el cristaloides, no habiéndose verificado el cambio hasta completarse. W. J. Mead ha descrito recientemente la bauxita de Arkansas como compuesta principalmente de una mezcla, en proporciones variables, de  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$  cristalino i amorfo, sustancia que existe independientemente como la gibbsita mineral. Segun esta opinion, la tendencia en el pasado hubiera sido eliminar a la bauxita de la lista de los minerales. Pero en la actualidad la consideramos como una especie distinta, aunque sea heterojénea, tanto química como físicamente.

### FASES DE SOLUCIONES SÓLIDAS

Ahora llegamos a los minerales cristalinos que manifiestan variaciones en la composicion no debidas a impurezas mecánicamente interpuestas, o, como en los minerales coloidales, a sustancias absorbidas, sino que dependen del hecho de que dichos minerales representan mezclas variables de dos o mas series ordenadas de moléculas. Hai dos tipos de dichas mezclas homojéneas moleculares, o soluciones sólidas, (2) como se las ha llamado: el primero que es aquel en que las sustancias son semejantes en carácter i mutuamente reemplazables sin modificar mucho el carácter del mineral resultante; i el segundo, en que las sustancias no son semejantes ni reemplazables mutuamente, diferenciándose mucho el mineral resultante, segun las proporciones relativas de los componentes. El primero, que podemos llamar el tipo de mezcla isomorfa de solucion sólida, ha sido conocido i estudiado por mucho tiempo, miéntras que la importancia del segundo,

(1) Debe recordarse que cualquiera sustancia, amorfa o cristalina, puede aprovechar la condicion coloidal, e inversamente, que las soluciones coloidales pueden dar origen a cristaloides o jelatinas, aunque por lo jeneral estas últimas son el producto.

(2) El término *solucion sólida* se aplicó a los cristaloides mucho ántes que fuera aplicable a los minerales coloidales.

que podemos llamar el tipo de mezcla cristalina de solución sólida, no ha sido reconocido como se debiera.

Muchos compuestos de composición química semejante presentan formas cristalinas casi idénticas i propiedades íntimamente relacionadas. Dichos compuestos son isomorfos, es decir, de la misma forma. Por ejemplo:

Calcita.....	$\text{CaCO}_3$ —Cristalización rombohédrica
Magnesita.....	$\text{MgCO}_3$ —Cristalización rombohédrica
Siderita.....	$\text{FeCO}_3$ —Cristalización rombohédrica

Los compuestos isomorfos son capaces de mezclarse en proporciones variables para formar sólidos que parecen perfectamente homogéneos en las ampliaciones mas grandes del microscopio. La sustancia resultante puede considerarse como interpenetración mutua de dos estructuras moleculares semejantes, o como una absorción completa de componentes para formar un nuevo producto. Los compuestos isomorfos son miscibles al estado sólido, precisamente como el alcohol i el agua lo son al estado líquido.

Muchos minerales son mezclas isomorfas de dos o mas componentes. Así, el mineral ankerita es una mezcla isomorfa de carbonato de calcio, carbonato de magnesio i carbonato de fierro;  $x\text{CaCO}_3 + y\text{MgCO}_3 + z\text{FeCO}_3$ , o, como se escribe jeneralmente la fórmula  $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}) \text{CO}_3$ . Esto quiere decir que las proporciones de los carbonatos de calcio, magnesio i fierro son variables; o bien, espresando la misma cosa de manera distinta, que tenemos calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) con parte de su calcio reemplazado por una cantidad equivalente de magnesio i fierro (r). Solo los elementos capaces de formar con el radical  $\text{CO}_3$  un compuesto de la misma forma de la calcita podrian entrar en tal relacion. En algunas ankeritas se halla presente un pequeño porcentaje de manganeso. Ahora bien, el manganeso forma un carbonato ( $\text{MnCO}_3$ , la rodocrosita mineral), que es rombohédrico, de donde proviene que consideremos el carbonato de manganeso como presente en relacion isomorfa.

Los componentes isomorfos de los minerales se llaman isomorfos. En algunos minerales se mezclan en todas proporciones dos o mas isomorfos, dando origen a series isomorfas (como en el caso de los feldspatos de plagioclasia); en otros minerales un isomorfo predomina entre los demas (uno o mas). La segunda condicion es la mas frecuente, i muchísimos minerales deben su variabilidad química a la presencia de isomorfos en pequeñas cantidades. Por ejemplo, la esfalerita ( $\text{ZnS}$ ) jeneralmente lleva mas o ménos fierro, que se presenta en la forma de un isomorfo ( $\text{FeS}$ ) de manera que la

(1) La *sustitución isomorfa*, término que se usa con frecuencia, se refiere a la introducción de un compuesto isomorfo en una sustancia, i un mineral que presenta sustitución isomorfa es realmente una mezcla isomorfa.

fórmula de la esfalerita se escribe correctamente  $x\text{ZnS} + y\text{FeS}$ , en que  $x$  siempre excede a  $y$ .

Los feldespatos de plagioclasia forman un ejemplo notable de una serie mineral que representa a todas las mezclas de dos isomorfos. Podemos espresar su composicion de la manera siguiente:

#### SERIE DE FELDESPATO DE PLAGIOCLASIA

$\text{Na}_2\text{O Al}_2\text{O}_3 6\text{Si}_2\text{O} = \text{Ab}$  (molécula de albita).

Albita..... De  $\text{Ab}_1 \text{An}_0$  a  $\text{Ab}_6 \text{An}_1$

Oligoclasia..... »  $\text{Ab}_6 \text{An}_1$  a  $\text{Ab}_3 \text{An}_1$

Andesita..... »  $\text{Ab}_3 \text{An}_1$  a  $\text{Ab}_1 \text{An}_1$

Labradorita..... »  $\text{Ab}_1 \text{An}_1$  a  $\text{Ab}_1 \text{An}_3$

Bytownita..... »  $\text{Ab}_1 \text{An}$  a  $\text{Ab}_1 \text{An}^6$

Anorthita..... »  $\text{Ab}_1 \text{An}_6$  a  $\text{Ab}_0 \text{Ab}_1$

$\text{CaO Al}_2\text{O}_3 2\text{SiO}_2 = \text{An}$  (molécula de anorthita).

Mientras todos los minerales de esta serie cristalizan en el sistema triclínico, algunas de sus propiedades, tales como el índice de refraccion, varían progresivamente mientras mayor cantidad de moléculas de anorthita entran en su composicion. En efecto, la composicion química del feldespato de plagioclasia puede determinarse mui exacta i convenientemente midiendo sus propiedades físicas. Surje otra complicacion en la composicion por el hecho de que un cristal de un feldespato de plagioclasia puede estar desarrollado por zonas, diferenciándose éstas en su composicion. Esta estructura no es rara, i la zona mas penetrante puede ser la mas cálcica, haciéndose hácia afuera las zonas sucesivas mas i mas sódicas. Pero aquí en realidad tenemos una incrustacion entre dos o mas minerales, aun cuando éstos sean los miembros mas o ménos íntimamente ligados de una serie isomorfa. Esto mismo se observa en muchas series isomorfas.

#### ISOMORFOS EN LOS TUNGSTATOS DE FIERRO I MANGANESO

Otro ejemplo notable de isomorfos mezclados en todas proporciones lo constituyen los tungstatos de fierro i manganeso, bien descritos por W. T. Schaller en el Boletín 583 de la Comision Jeológica de los Estados Unidos. Con miembros de esta serie se han hecho en total 95 análisis, que, segun se ha visto, varían desde el  $\text{FeWO}_4$  puro por mezclas intermediarias de  $\text{FeWO}_4$  i  $\text{MnWO}_4$ , hasta casi  $\text{MnWO}_4$  puro. Entónces se hace necesario, o considerar toda la serie como comprendiendo un solo mineral, o hacer divisiones arbitrarias i dar un nombre mineral a cada una. Como los nombres

minerales de ferberita, wolframita i hübnerita se usaban ya para los compuestos naturales comprendidos dentro de esta serie, Schaller propuso que se conservaran estos nombres, pero limitándolos a combinaciones particulares, como

$\text{FeWO}_4$ =Ferberita (desde pura hasta 20% de molécula de hübnerita).

$(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$ =Wolframita (de 80% a 20% de molécula de ferberita).

$(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$ =Wolframita (de 20% a 80% de molécula de hübnerita).

$\text{MnWO}_4$ =Hübnerita (de 20% de molécula de ferberita hasta pura).

E. T. Wherry ha suscitado la cuestion de que «las porciones de series isomorfas, divididas arbitrariamente, no deben considerarse como minerales definidos», i propone que en todos los casos semejantes es preferible usar de los prefijos químicos, para indicar a qué lugar de la serie corresponde una sustancia mineral; así, por ejemplo, llamando ferberita a la ferro-wolframita; hübnerita, a la mangano-wolframita, i así sucesivamente. Pero esto es sólo cuestion de nomenclatura; queda siempre el hecho de que tenemos una serie de composiciones, i aunque un ejemplar dado corresponde a un punto definido en esta serie, no es de esperarse que dos ejemplares sean químicamente lo mismo, i la unidad mineralógica no es un punto ni mucho ménos una seccion arbitraria, sino toda la serie misma.

Las propiedades físicas de un mineral por isomorfismo se modifican por el isomorfo que entra en proporcion a su carácter i cantidad. I dicha modificacion es en jeneral perfectamente regular, capaz de ser gráficamente espresada por curvas, de modo que cuando la relacion entre la composicion i las propiedades sea calculada en detalle para un mineral dado, las medidas físicas asumen un nuevo significado, proporcionando datos químicos que no podrian obtenerse mas que por medio de un esmerado análisis.

#### OTRA VARIACION DE LAS SOLUCIONES SÓLIDAS

Acabamos de considerar un tipo de solucion sólida comun entre los minerales cristalinos, en que las sustancias componentes están relacionadas químicamente de un modo íntimo i se reemplazan unas a otras en la estructura del cristal. Venimos ahora a un segundo tipo de solucion sólida de igual rango que la primera, cuya importancia apénas se ha reconocido, i el cual ha sido llamado tipo de cristales mezclados. Esta es una solucion sólida en la cual las sustancias componentes difieren mucho unas de otras en carácter; tanto, que son isomorfas i no se reemplazan mutuamente en la estructura de los cristales, sino que al mezclarse dan un nuevo tipo de estructura cristalina, una especie de resultante entre las dos. Entre los minerales, esta clase de solucion sólida puede manifestarse dentro de

pequeños límites en que un componente predomina i el otro sólo entra en pequeña proporcion, afectando únicamente de modo ligero el carácter del mineral; o podemos encontrar los dos componentes mezclándose dentro de amplios límites i hasta en todas proporciones, dando origen a una serie de minerales distintos que se diferencian de manera notable en la cristalización i en otras propiedades.

La composicion de un número de minerales ha quedado resuelta mediante una aplicacion de estas ideas de la solucion sólida a su estudio. El mineral nephelita forma un buen ejemplo. Su composicion se aproxima a  $\text{NaAlSiO}_4$ ; pero nuestros ejemplares tienen 2% de exceso de sílice, para que esta fórmula sea aplicable a ellos. Este hecho ha sido embarazoso por mucho tiempo, i por consiguiente, la fórmula de la nephelita ha sido muy discutida; pero las investigaciones recientes nos demuestran que este exceso de sílice existe en el mineral disuelto en el  $\text{NaAlSiO}_4$ . La condicion molecular de esta sílice «disuelta» no se conoce en definitiva; pero se ha sugerido que está presente en forma de  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , compuesto que existe independientemente como el mineral albita. Si, en efecto, el exceso de sílice está presente en la condicion molecular, entónces tenemos albita triclinica disuelta en nephelita hexagonal hasta una cantidad de 2%, espesando esa cantidad, en apariencia, el «límite de saturacion» de la nephelita por la albita (1).

La Pyrrhotita es un segundo ejemplo, con su contenido de azufre, que varía de 36.3% a mas de 40%, sin producir cambios notables en sus propiedades. Si se considera el exceso de azufre como presente en solucion sólida, disuelto en la pyrrhotita normal, entónces la variacion que se ha encontrado en la composicion de este mineral se hace desde luego comprensible. Así es que teóricamente la pyrrhotita es  $\text{FeS}$  (compuesto que solo se encuentra en meteoritas); pero prácticamente es  $\text{FeS} + \text{S}$  variable, variando hasta 6% el azufre que excede al que se requiere para las moléculas de  $\text{FeS}$ . El carácter disuelto de este azufre adicional ha sido evidenciado en el Laboratorio Jeológico Garnegie, de Wáshington, disolviendo azufre en  $\text{FeS}$  sintético hasta un máximo de 6.04% a 600°.

E. H. Kraus i J. P. Goldsberry acaban de concluir un estudio muy interesante sobre la bornita, mineral cuya fórmula ha sido dudosa por mucho tiempo, debido a la notable diverjencia de los resultados de análisis verificados con ejemplares procedentes de diversas localidades. Estos investigadores presentan la bornita como un compuesto definido en el sentido ordinario de la palabra, pero que está formado de una mezcla de  $\text{Fe}_2\text{S}_3$  (compuesto que no se encuentra en la naturaleza, sino en combinacion,

(1) Casi no se necesita hacer notar que tal cuestion no puede resolverse por el microscopio, pues el material disuelto está presente en condicion submicroscópica i no afecta al aspecto homogéneo del mineral.

i  $\text{Cu}_2\text{S}$  en proporciones que varían de  $3\text{Cu}_2\text{S Fe}_2\text{S}_3$  a  $38\text{Cu}_2\text{S Fe}_2\text{S}_3$ , correspondiendo la mayoría de los análisis a  $5\text{Cu}_2\text{S Fe}_2\text{S}_3$ ; ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), que representa el tipo dominante de bornita encontrado en la naturaleza (1). Estas mezclas no están circunscritas a los límites ocupados por la bornita, sino que en otras combinaciones dan márgen a la chalcopirita i a la chalcocita comunes i al sulfuro raro de cobre i hierro, barnhardtita, como se indica en la tabla siguiente:

#### COMBINACIONES DEL SULFURO DE COBRE

	$\text{Fe}^2\text{S}^3$
Chalcopirita.....	$\text{Cu}^2\text{S Fe}^2\text{S}^3$
Barnhardtita.....	$2\text{Cu}^2\text{S Fe}^2\text{S}^3$
Bornita.....	$3\text{Cu}^2\text{S Fe}^2\text{S}^3$
	$4\text{Cu}^2\text{S Fe}^2\text{S}^3$
	$5\text{Cu}^2\text{S Fe}^2\text{S}^3$ etc.
Chalcocita.....	$\text{Cu}^2\text{S}$

Se ve que otras series de minerales de sulfuros, tales como la de  $\text{As}^3\text{S}-\text{PbS}$ , la de  $\text{Sb}^3\text{S}^3-\text{PbS}$ , etc., son análogas en formacion a la de  $\text{Fe}^2\text{S}^3-\text{Cu}^2\text{S}$ , i un gran número de otros minerales pueden considerarse como derivados de miembros de estas series por reemplazamiento isomorfo en una o ámbas partes componentes.

#### TRES TIPOS DE SOLUCION SÓLIDA

La solución sólida no está limitada a los minerales cristalinos, sino que, como hemos visto, se manifiesta también en los coloidales; la crisocola por ejemplo. Así es que tenemos tres tipos de solución sólida, según los componentes sean: 1.º, cristaloides isomorfos; 2.º, cristaloides heteromorfos, o 3.º, coloides. Pueden presentarse nuevas variaciones en la composición por reemplazamiento isomorfo en uno o ámbos miembros de una mezcla heteromorfa o por la solución mútua de un cristaloides i un coloide.

Venimos ahora a la consideración de aquellos cambios que pueden tener lugar dentro del mineral mismo para alterar su conjunto. Sabemos que las condiciones dentro de la costra terrestre cambian constantemente i que a menudo los minerales están sujetos a circunstancias desfavorables

(1) A. F. Rogers, comentando la obra de Kraus i Goldsberry, ha manifestado su creencia de que la bornita es una solución sólida de  $\text{Cu}_2\text{S}$  en  $\text{Cu}_3\text{FeS}_3$ , debiéndose la composición variable a la cantidad también variable de  $\text{Cu}_2\text{S}$  que se mantiene en solución.



para su existencia. De la misma manera que en la naturaleza orgánica también entre los minerales hai una lucha por la vida. Los minerales son estables sólo en el ambiente de su nacimiento; cambiando las condiciones viene el ataque químico. De aquí la tendencia de los minerales a alterarse. Por esto, en la actualidad todo análisis cuantitativo va precedido siempre de un exámen químico, no solamente con el fin de descubrir las impurezas cristalizadas, sino también para determinar si ha tenido lugar alguna alteración química. I aunque los cristales bien desarrollados están por lo jeneral libres de degradaciones químicas, en ellos mismos se descubre una alteración incipiente; tan insidiosas i penetrantes llegan a ser las fuerzas hostiles. Los ejemplos que podriamos enumerar son abundantísimos, desde el olivino con su red microscópica de serpentina hasta el pseudomorfo completo, en el que encontramos, por ejemplo, que un cristal de piritita ( $\text{FeS}_2$ ) se ha convertido enteramente en un óxido de fierro hidratado (limonita).

Los minerales varían muchísimo en su susceptibilidad inherente al deterioro. Algunos, como el cuarzo, químicamente inertes, son estables bajo condiciones variables; otros, como la marcasita, en extremo sensibles a las condiciones circunstantes, se alteran con facilidad i rapidez, aun dentro de las circunstancias impenetrables de un gabinete mineral. Tan inclinados al decaimiento son algunos minerales, que ejemplares de ellos perfectamente frescos, jamas han podido obtenerse, i en tales casos se hace necesario interpoler, por decirlo así, empleando el conocimiento obtenido con otros minerales para llegar a la comprensión de estos ejemplos alterados.

José E. POGUC.

## Tabla que muestra las especies minerales de importancia industrial, con el por ciento de metal contenido i sus principales propiedades

NOTA.—Obras consultadas: \*Manual of Determinative Mineralogy.\*—Brush i Panfield.  
 Table of ores of economic importance.\*—Edmund O. Hovey.  
 \*A system of Mineralogy.\*—J. D. Dana.

ESPECIE DE MINERAL	NATURALEZA QUÍMICA	COMPOSICION QUÍMICA	Por ciento de metal en las especies	PESO ESPECÍFICO	DUREZA	FUSIBILIDAD	SISTEMA DE CRISTALIZACION	OBSERVACIONES
<b>ALUMINIO:</b>								
Cryolita.....	Fluoruro.....	$\text{Na}_2 \text{Al F}_6$ .....	12.8	2.9-3	2.5	1.5	Monoclínico..	Usado tambien como una fuente para el sodio i sus compuestos.
Corundo.....	Oxido.....	$\text{Al}_2 \text{O}_3$ .....	52.9	3.9-4.08	9	Infusible	Rómbico.....	Usado las mas veces como abrasivo.
Bauxita.....	»	$\text{Al}_2 \text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2 \text{O}$ .....	39.1	2.55	.....	»	Amorfo.....	Frecuentemente suministra mas aluminio, debido a la presencia de otros óxidos en el mineral.
Kaolinita.....	Silicato.....	$2\text{H}_2 \text{O Al}_2 \text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .....	20.9	2.2-2.6	1	»	»	
<b>ANTIMONIO:</b>								
Stibnita (antimonio verde, antimonita).....	Sulfuro.....	$\text{Sb}_2 \text{S}_3$ .....	71.4	4.55	2	1	Ortorrómbico	Mineral principal; frecuentemente con galena.
Valentinita (antimonio blanco, senarmonita).....	Oxido.....	$\text{Sb}_2 \text{O}_3$ .....	83.3	5.56	2.5-3	1.5	»	
Stibiconita (antimonio oeso).....	»	$\text{Sb}_2 \text{O}_4 \cdot \text{H}_2 \text{O}$ .....	74.5	5.1-5.3	4-4.5	Infusible	Amorfo.....	Casi siempre suministra mas antimonio, debido a la presencia de otros óxidos. Un subproducto en la fundicion del plomo.
<b>ARSÉNICO:</b>								
Arsénico nativo.....	Metálico.....	As.....	100.0	5.7-5.9	3.5	Volátil	Rómbico.....	Contiene Sb, Ni, Fe, Mn, como impurezas.—Raro.
Rejalgar.....	Sulfuro.....	$\text{As}_2 \text{S}_3$ .....	70.1	3.4-3.6	1.5-2	1	Monoclínico..	
Oropimento.....	»	$\text{As}_2 \text{S}_5$ .....	61.0	3.4-3.5	1.5-2	1	»	
Löllingita.....	Arseniuro.....	$\text{Fe As}_2$ .....	72.8	7.2-7.3	5-5.5	2	Ortorrómbico	Se gradúa en leucopyrita, $\text{Fe}_2 \text{As}_4$ , con 64.1% de As.

Arsenopyrita (mispickel)....	Sulfoarseniuro.....	Fe <sup>2+</sup> As S.....	46	6-6.2]	5.5-6	2	Ortorrómico	El arsenico es tambien obtenido de algunos minerales de níquel i cobalto, particularmente de smaltita i cobaltita.
<b>BISMUTO:</b>								
Bismuto nativo.....	Metálico.....	Bi.....	100	9.8	2.25	1	Hexagonal....	Raro.
Bismutinita (bismuto brillante).....	Sulfuro.....	Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub> .....	81.2	6.4-6.5	2.25	1	Ortorrómico	
Bismita.....	Oxido.....	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	89.6	4.4				
Bismutita (carbonato de bismuto).....	Carbonato.....	3 Bi CO <sub>3</sub> + H <sub>6</sub> Bi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> + aq....	89.6	6.9-7.7	4-4.5	1.5	Amorfo.....	Composicion variable.
Eulytita.....	Silicato.....	Bi <sub>4</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>12</sub> .....	75	6.1	4.5	2	Isométrico...	Raro.
<b>CADMIO:</b>								
Greenockita.....	Sulfuro.....	Cd S.....	77.7	4.9-5	3.35	Infusible	Hexagonal....	El cadmio del comercio es obtenido de las blendas cadmíferas.
<b>COBALTO:</b>								
Linæita (pyrita de cobalto)	.....	Co <sub>3</sub> S <sub>4</sub> .....	57.9	4.9	5.5	2	Isométrico....	Proporciones variables. Co se reemplaza frecuentemente con alguna extension por Ni, Fe i Cu.
Smaltita.....	Arseniuro.....	Co As <sub>2</sub> .....	28.2	6.3-6.5	5.5-6	2.5	.....	Se gradúa insensiblemente en Chloanthita, Ni As <sub>2</sub> .
Cobaltita.....	Sulfoarseniuro.....	Co As S.....	35.5	6-6.3	5.5	2-3	.....	
Skutterudita.....	Arseniuro.....	Co As <sub>2</sub> .....	20.7	6-7.5	6	2.5	.....	
Glaucodota.....	Sulfoarseniuro.....	(Co Fe) As S.....	23.8	5.9-6	5	2.3	Ortorrómico	Proporciones variables.
Asbolita (cobalto terroso).	Oxido.....	Dudosa.....	.....	.....	Terroso..	.....	Amorfo.....	
Erythrita (sangre de cobalto).....	Arseniato.....	Co <sub>3</sub> As <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 8H <sub>2</sub> O.....	29.5	2.95	1.5-2.5	2.5	Monoclínico..	El cobalto es obtenido tambien de la arsenopyrita i chalcopyrita.
<b>COBRE:</b>								
Cobre nativo.....	Metálico.....	Cu.....	100	8.5-8.9	2.5-3	3	Isométrico....	Jeneralmente contiene algo de plata.
Chalcocita.....	Sulfuro.....	Cu <sub>2</sub> S.....	79.8	5.7	2.5-3	2-2.5	Ortorrómico	
Covellita (indigo de cobre).	.....	Cu S.....	66.4	4.6	1.5-2	2.5	Hexagonal....	
Bornita (mineral de pecho de pichon).....	.....	Cu <sub>2</sub> Fe S <sub>3</sub> .....	55.5	4.9-5.4	3	2.5	Isométrico....	Frecuentemente es enriquecido por una mezcla mecánica de chalcocita.
Chalcopirita (pyrita de cobre).....	Sulfuro.....	Cu Fe S <sub>2</sub> .....	34.5	4.2-4.3	3.5	2	Tetragonal...	

ESPECIE DE MINERAL	NATURALEZA QUÍMICA	COMPOSICION QUÍMICA	Por ciento de metal en las especies	PESO ESPECÍFICO	DUREZA	FUSIBILIDAD	SISTEMA DE CRISTALIZACION	OBSERVACIONES
Bournonita.....	Sulfoantimonito....	(Pb, Cu) <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>8</sub> .....	13	5.7-5.8	2.5-3	1	Ortorrómico	Contiene 42.5% de plomo i 24.7% de antimonio. Sb. 28.8%. Se gradúa en tennantita el sulfoarsenito de Cu que contiene 57.5% de Cu i 17% de As. As. 19.1%. Se gradúa en famatinita sulfoantimonito de Cu, conteniendo 43.3% de Cu i 27.4% de Sb. Algunas veces suministra mas cobre, debido a mezclas.
Tetraedrita.....	"	Cu <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>7</sub> .....	52.1	4.7-5	3-4	1.5	Isométrico....	
Enarjita.....	Sulfoarseniuro.....	Cu <sub>2</sub> As S <sub>4</sub> .....	48.3	4.44	3	1	Ortorrómico	
Atacamita.....	Cloruro.....	Cu Cl <sub>2</sub> 3Cu (OH) <sub>2</sub> .....	64.5	3.6-3.7	3-3.5	3-4	"	
Cuprita (rubí de cobre).....	Oxido.....	Cu <sub>2</sub> O.....	88.8	6	3.5-4	3	Isométrico....	
Tenorita (melaconita, cobre negro).....	"	Cu O.....	79.8	5.8-6.2	3-4	3	Monoclinico.	
Malaquita (carbonato verde de cobre).....	Carbonato.....	Cu CO <sub>2</sub> Cu (OH) <sub>2</sub> .....	57.4	3.9-4	3.5-4	3	"	
Azurita (carbonato azul de cobre).....	"	2Cu CP <sub>3</sub> Cu (OH) <sub>2</sub> .....	55.2	3.6-3.8	3.5-4	3	"	
Chrysocolla.....	Silicato.....	Cu SiO <sub>2</sub> + 2H <sub>2</sub> O.....	36.1	2-2.4	2-4	Infusible	Amorfo.....	
<b>CROMO:</b>								
Cromita (fierro cromado).....	Oxido (o cromato).	Fe Cr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> .....	52.1	4.6	5.5	Infusible	Isométrico....	Jeneralmente contiene MgO i Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> reemplazando al FeO i Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .
<b>ESTAÑO:</b>								
Estannita (pyrita de estaño).....	Sulfuro.....	Cu <sub>2</sub> S Fe S Sn S <sub>2</sub> .....	27.5	4.4	4	1-5	Amorfo.....	Proporciones variables.
Cassiterita (estaño de placer).....	Oxido.....	Sn O <sub>2</sub> .....	78.6	7	6-7	Infusible	Tetragonal....	Mineral principal.
<b>FIERRO:</b>								
Hematita.....	"	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	70	4.9-5.2	5.5-6.5	Infusible	Hexagonal....	Reemplaza a veces a la magnetita. Demasiado refractario para usarlo como fuente de fierro.
Martita.....	"	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	70	4.8	6-7	5	Isométrico....	
Ilmenita.....	Titanato.....	Fe Ti O <sub>3</sub> .....	47.3	4.4-5	5-6	Infusible	Hexagonal....	
Magnetita.....	Oxido.....	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	72.4	4.8-5.2	5.5-6.5	"	Isométrico....	

Frankinita	»	(Fe, Zn, Mn) O (Fe, Mn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	44.4	5.6-6	5.5-6.5	»	Amorfo.....	Frecuentemente se confunde con la hematita.	
Turjita	»	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O.....	66.2	4-14	5.5-6	»	»	»	
Limonita	»	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3H <sub>2</sub> O.....	59.8	3-5-4	5-5.6	»	Ortorrómico	»	
Gothita	»	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O.....	62.9	4-4.4	5-5.5	5-5.5	»	Jeneralmente se confunde con la limonita.	
Siderita	Carbonato.....	Fe CO <sub>3</sub> .....	48.2	3.8	3.5-4.5	4-5.5	Hexagonal....	»	
Chamoisita	Silicato.....	FeO. MgO. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	47	3-3.4	3	...	...	Composicion incierta. El fierro disminuye hasta 33%.	
Pyrita	Sulfuro.....	FeS <sub>2</sub> .....	46.6	4.9-5.1	6-6.5	2.5-3	Isométrico....	Contienen 53.4% de azufre y son usados en la manufactura del ácido sulfúrico (aceite de vitriolo). Algunas veces son tratados por su contenido de oro.	
Marcasita	»	FeS <sub>2</sub> .....	46.6	4.8-4.9	6-6.5	2.5-3	Ortorrómico	»	
<b>IRIDIUM:</b>									
Iridosmina	Metálico	Ir Os.....	40	19-21	6-7	Infusible	Hexagonal....	Variable	
Platiniridium	»	Pt Ir.....	Variable.	...	...	...	...	»	
<b>MANGANESO:</b>									
Franklinita	Oxido.....	(Fe, Zn, Mn) O. (Fe Mn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(20.0)	5.15	6	Infusible	Isométrico....	Proporciones mui variables. A veces es un mineral importante de zinc sin que el manganeso sea utilizado.	
Hausmannita	»	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	72.5	4.8	5-5.5	»	Tetragonal....	»	
Braunita	»	3Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . MnSiO <sub>3</sub> .....	63.5	4.8	6-6.5	»	»	»	
Polianita	»	MnO <sub>2</sub> .....	63.1	5	6-6.5	»	»	»	
Pyrolusita	»	MnO <sub>2</sub> .....	63.1	4.75	2-2.5	»	Amorfo.....	Mineral principal.	
Manganita	»	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O.....	62.4	4.3	4	»	Ortorrómico	»	
Psilomelan	Manganato.....	H <sub>3</sub> MnO <sub>5</sub> (?).....	(58.6)	4.3 (?)	5-6	»	Amorfo.....	Proporciones i composicion variables.	
Wad	Oxido	MnO <sub>2</sub> + MnO + H <sub>2</sub> O.....	(69.2)	...	Terroso	...	...	»	
Rhodochrosita	Carbonato.....	MnCO <sub>3</sub> .....	47.8	3.5-3.6	3.5-4.5	Infusible	Hexagonal....	»	
Rhodonita	Silicato	MnSiO <sub>3</sub> .....	41.9	3.7	6-6.5	3-3.5	Triclinico.....	»	
<b>MERCURIO (Azogue):</b>									
Metacinnabarita	Sulfuro.....	HgS.....	86.2	7.8	3	Vol.en 1.5	Isométrico....	»	
Tiemannita	Seleniuro	HgSe.....	71.7	8.2	2.5	Volátil...	»	»	
Onofrita	Sulfoseleniuro.....	Hg (S, Se).....	83.8	8	2.5	»	Amorfo.....	Calculado para la relacion S : Se = 6 : 1.	
Cinabrio	Sulfuro.....	HgS.....	86.2	8.1	2-2.5	Vol.en 1.5	Hexagonal....	Mineral principal.	
<b>MOLIBDENO:</b>									
Molibdenita	Sulfuro.....	MoS <sub>2</sub> .....	60.0	4.75	1-1.5	Infusible	Hexagonal (?)	»	

ESPECIE DE MINERAL	NATURALEZA QUÍMICA	COMPOSICION QUÍMICA	Por ciento de metal en las especies	PESO ESPECÍFICO	DUREZA	FUSIBILIDAD	SISTEMA DE CRISTALIZACION	OBSERVACIONES
<b>NIQUEL:</b>								
Millerita.....	Sulfuro.....	NiS.....	64.7	5.65	3.5-5	1.5-2	Hexagonal....	Proporciones variables. Cantidad calculada para la proporción Co : Ni = 1 : 1. Se gradúa insensiblemente en smaltita, CoAs <sub>2</sub> .
Pentlanita.....	".....	(Fe, Ni) S.....	22.0	5	3.5-4	1.5-2	Isométrico....	
Niccolita.....	Arseniuro.....	Ni As.....	43.9	7.5	5-5.5	2	Hexagonal....	
Linnaeíta.....	Sulfuro.....	(Co, Ni) <sub>3</sub> S <sub>4</sub> .....	28.9	4.9	5.5	2	Isométrico....	
Cloanthita.....	Arseniuro.....	Ni As <sub>2</sub> .....	28.1	6.4-6.8	5.5-6	2	"	
Gersdorffita.....	Sulfoarseniuro.....	Ni AsS.....	35.4	5.8-6.2	5.5	2	"	
Ullmannita.....	Sulfoantimonito.....	Ni SbS.....	27.8	6.6	5.5-5	1.5	"	
Zaratita.....	Carbonato.....	Ni CO <sub>3</sub> 2Ni (OH) <sub>2</sub> + 4H <sub>2</sub> O.....	46.8	2.6-2.7	3-3.3	Infusible	Amorfo.....	
Genthita.....	Silicato.....	2NiO. 2MgO. 3SiO <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O.....	22.6	2.2-2.8	3-4	"	"	
Garnierita.....	".....	H <sub>2</sub> (Ni, Mg) SiO <sub>4</sub> + aq.....	(35.5)	2.2-2.8	3-4	"	"	
Annaberjita.....	Arseniato.....	Ni <sub>3</sub> As <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 8H <sub>2</sub> O.....	29.4	...	1.5-2.5	4	Monoclínico..	El mineral mas importante de níquel es la pyrrhotita, un sulfuro de hierro que algunas veces contiene mas de 5% Ni.—El níquel i el cobalto están casi siempre asociados
<b>ORO:</b>								
Oro nativo.....	Metálico.....	Au.....	100.0	19.3	2.5-3	2.5-3	Isométrico....	Jeneralmente contiene plata, i cuando pasa del 16%, se llama «Electrum».
Petzita.....	Telururo.....	(Ag, Au) <sub>2</sub> Te.....	25.5	8.7-9	2.5-3	1.5	Amorfo.....	Proporciones variables. El % de oro corresponde a la relación Ag : Au = 3 : 1.
Sylvanita.....	".....	(Au, Ag) Te <sub>2</sub> .....	24.5	8-8.2	1.5-2	1	Monoclínico..	Proporciones variables. El % de oro corresponde a la relación de Au : Ag = 1 : 1, referido a 29.35 de Au.
Krennerita.....	".....	(Ag, Au) Te <sub>2</sub> (?).....	34.8	8.35	2.5	1	Ortorrómico	Composición incierta. La Calaverita (telururo) ha suministrado 40.92% de Au.
Nagyajita.....	Sulfotelururo.....	Au <sub>2</sub> Pb 4SbTe <sub>7</sub> S <sub>17</sub> .....	(12.75)	6.9-7.2	1-1.5	1.5	"	
<b>PALADIO:</b>								
Paladio nativo.....	Metálico.....	Pd.....	100.0	11.3-11.8	4-4.5	Infusible	Isométrico....	Ligado siempre con Pt, Ir y otros metales.

PLATA:

Plata nativa.....	Metálico.....	Ag.....	100.0	10.5	2.5-3	2	Isométrico....	Jeneralmente ligado con oro; algunas veces con cobre.
Dyscrasita.....	Antimoniuro.....	{ Ag <sub>3</sub> Sb..... Ag <sub>6</sub> Sb.....	{ 72.9 84.3	{ 9.75	3.5-4	1.5	Ortorrómico	Otras proporciones obligan al contenido de plata a variar del 63.9 al 94.1%
Arjentita.....	Sulfuro.....	Ag <sub>2</sub> S.....	87.1	7.3	2-2.5	1.5	Isométrico....	Jeneralmente contiene oro.
Hessita.....	Telururo.....	Ag <sub>2</sub> Te.....	63.3	8.3-8.8	2.5-3	1	"	"
Petzita.....	".....	(Ag Au) <sub>2</sub> Te.....	42.0	8.7-9	2.5-3	1.5	Amorfo.....	Calculado con la proporción Ag : Au = 3 : 1.
Stromeyerita.....	Sulfuro.....	(Ag, Cu) <sub>2</sub> S.....	53.1	6.2-6.3	2.5-3	1.5	Ortorrómico	"
Sylvanita.....	Telururo.....	(Au Ag) Te <sub>2</sub> .....	13.4	8-8.2	1.5-2	1	Monoclínico..	Calculado con la proporción Ag : Au = 1 : 1.
Pyrarjirita (rosicleroscuro)	Sulfoantimonito.....	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub> .....	59.9	5.85	2.5	1	Hexagonal <sup>1</sup> ....	"
Proustita (rosicler claro)...	Sulfoarsenito.....	Ag <sub>3</sub> AsS <sub>3</sub> .....	65.4	5.55	2-2.5	1	"	"
Stephanita.....	Sulfoantimonito.....	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub> .....	68.5	6-6.3	2-2.5	1	Ortorrómico	"
Polybasita.....	Sulfoarsenito.....	Ag <sub>3</sub> SbS <sub>3</sub> .....	75.6	6-6.2	2-3	1	Monoclínico..	El cobre siempre reemplaza algo de la plata.
Cerargyrita (plata córnea).	Cloruro.....	AgCl.....	75.3	5.8-6	2-3	1	Isométrico....	"
Embolita.....	Clorobromuro.....	Ag (Cl, Br).....	65.1	5.7	1-5	1	"	Las proporciones de Cl i Br varían i cambian la cantidad de plata.
Bromirita.....	Bromuro.....	Ag Br.....	57.4	5.8-6	2-3	1	"	"
Iodyrita.....	Ioduro.....	AgI.....	46.0	5.8-6	2-3	1	Hexagonal....	Mucha de la plata es obtenida de la galena i tambien se encuentra en la tetraedita, esfalerita, pyrita, chalcopirita, chalcocita i otros minerales de importancia industrial.

PLATINO:

Platino nativo.....	Metálico.....	Pt.....	100.0	14-19	4-4.5	Infusible	Isométrico....	Se encuentra ligado con 10 a 30% de Fe, Ir, Os, i otros metales.
---------------------	---------------	---------	-------	-------	-------	-----------	----------------	--

PLOMO:

Galena.....	Sulfuro.....	PbS.....	86.6	7.6	2.5	2	"	Es tambien una fuente mui importante de plata.
Jamesonita.....	Sulfoantimonito.....	Pb <sub>2</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> .....	50.8	5.5-6	2-3	1	Ortorrómico	Contiene el 29.5% de antimonio.
Bourbonita.....	".....	(PbCu <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>8</sub> .....	42.5	5.8	2.5-3	1	"	Cobre: 13%; antimonio, 24.7%.
Boulangerita.....	".....	Pb <sub>3</sub> Sb <sub>2</sub> S <sub>8</sub> .....	58.9	5.7-6	2.5-3	1	Amorfo.....	Antimonio, 22.8%
Cerusita.....	Carbonato.....	PbCO <sub>3</sub> .....	77.5	6.55	3-3.5	1.5	Ortorrómico	"
Pyromorphita.....	Clorofosfato.....	3Pb <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ·PbCl <sub>2</sub> .....	76.3	6.5-7.1	3.5-4	2	Hexagonal....	"
Mimetita.....	Cloroarseniato.....	3Pb <sub>3</sub> As <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ·PbCl <sub>2</sub> .....	69.5	7-7.2	3.5	1.5	"	"
Anglesita.....	Sulfato.....	PbSO <sub>4</sub> .....	68.3	6.35	3	2.5	Ortorrómico	"

ESPECIE DE MINERAL	NATURALEZA QUÍMICA	COMPOSICION QUÍMICA	Por ciento de metal en las especies	PESO ESPECÍFICO	DUREZA	FUSIBILIDAD	SISTEMA DE CRISTALIZACION	OBSERVACIONES
<b>TUNGSTENO:</b>								
Wolframita.....	Tungstato.....	(FeMn) WO <sub>4</sub> .....	60.6	7.2-7.5	5-5.5	3-3.5	Monoclínico...	Se gradúa en Hübnerita, MnWO <sub>4</sub> con 60.7% W.
Scheelita.....	Tungstato.....	CaWO <sub>4</sub> .....	63.4	6	4.5-5	5	Tetragonal....	
<b>URANIO:</b>								
Uraninita (pechblenda).....	Oxido.....	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> .....	84.9	9-9.7	5.5	Infusible	Isométrico....	Mineral principal.
Gummmita.....	".....	U <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3H <sub>2</sub> O.....	72.7	3.9-4.2	2.5-3	"	Amorfo.....	
<b>VANADIO:</b>								
Vanadinita.....	Vanadato.....	3 Pb <sub>3</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + PbCl <sub>2</sub> .....	10.9	6.9-7.1	3	1.5	Hexagonal....	
Motramita.....	".....	(Pb, Cu) <sub>3</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 2H <sub>2</sub> (Pb, Cu) O <sub>2</sub> .....	10.5					
<b>ZINC:</b>								
Esfalerita.....	Sulfuro.....	ZnS.....	67.0	4.1	3.5-4	5	Isométrico....	Los minerales de zinc están generalmente asociados con minerales de plomo.
Wurtzita.....	".....	ZnS.....	67.0	4	3.5-4	Infusible	Hexagonal....	
Zincita.....	Oxido.....	ZnO.....	80.3	5.5	4-4.5	"	"	Variable. Los análisis mas altos registrados por Dana.
Franklinita.....	".....	(FeZnMn) O. (FeMn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	18.6	5.2	6	"	Isométrico....	
Smithsonita.....	Carbonato.....	ZnCO <sub>3</sub> .....	52.0	4.3	5	"	Hexagonal....	Composicion incierta i los análisis varían.
Hydrozincita.....	".....	ZnCO <sub>3</sub> . 2Zn (OH) <sub>2</sub> (?).....	60.5	3.6-3.8	2-2.5	"	Amorfo.....	
Willemita.....	Silicato.....	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> .....	58.6	4-4.1	5-5.5	"	Hexagonal....	Ortorrómico
Calamina.....	".....	H <sub>2</sub> -Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> .....	54.2	3.5	4.5-5	"	Ortorrómico	

NOTA.—Esta tabla (1) ha sido arreglada en el orden de las especies minerales dado en el «Sistema de Mineralojía» por J. D. Dana, siendo su objeto principal mostrar el porcentaje mas alto posible contenido en las especies minerales puras.

TRINIDAD PAREDES,

F. A. CERVANTES,

(1) Tomada del Boletín Minero de Méjico.—Marzo-Abril 1918.



# Informe sobre el agua subterránea de la rejion de Pica

## INTRODUCCION

El trabajo que me permito presentar en estas líneas, contiene los resultados de un estudio efectuado en los meses de Junio hasta mediados de Setiembre de 1916. El plano topográfico que acompaña el informe, ha sido levantado por el señor Eduardo Aguirre, Injeniero de la Inspeccion de Hidráulica, el cual tambien ha tomado todos los aforos de las diferentes vertientes i galerías de agua.

Los estudios jeolójicos fueron dificultados por la falta de un plano topográfico, ya que el mapa que va con este informe fué levantado durante mi estadía en el norte i dibujado mucho mas tarde. Por esto no era posible levantar un mapa jeolójico exacto de la rejion de Pica.

El informe consta de dos partes: la primera se ocupa de la descripcion jeolójica de la rejion vecina a Pica i de la Cordillera de los Andes situada al oriente de este pueblo. En vista de la importancia que tiene la constitucion jeolójica de una rejion para las corrientes de agua subterránea, la descripcion jeolójica se ha hecho de un modo bastante detallado; esto era tanto mas preciso, cuanto que la rejion estudiada pertenece a las partes ménos conocidas del pais.

La segunda parte del informe trata esclusivamente de la hidrolojía de la rejion estudiada i se basa en la descripcion jeolójica de la primera parte.

Como apéndice he agregado un capítulo sobre la composicion química que debe tener un agua de un clima de desierto para que pueda ser considerada como potable. Demostraré que las aguas de Pica, por estar situadas en una rejion de desierto, pueden contener mayor cantidad de sales disueltas que otras aguas que se encuentran en una rejion de clima mas húmedo.

## CONTENIDO

### I. LA JEOLOJÍA DE LA REJION DE PICA

A.—Morfolojía.

B.—Descripcion de las rocas i estratigrafía.

- 1) Las rocas fundamentales.
- 2) Plegamiento supracretáceo de la cordillera i denudacion posterior.
- 3) La «formacion liparítica».

## 4) Movimientos tectónicos al fin del Terciario.

5) Las areniscas intercaladas i superpuestas a la formacion liparítica.

6) Las areniscas grises oscuras de Pica.

7) Los sedimentos modernos de la rejion de Pica.

8) Los sedimentos volcánicos de la alta cordillera.

## C.—Descripcion jeológica de las diferentes rejiones.

1) La rejion andina.

2) La falda occidental de los «Altos de Pica».

3) La rejion comprendida entre la Quebrada de Tambillo i Mamiña.

4) La rejion de Pica.

a) Perfil del Valle de Chintaguai.

b) El anticlinal del Salto.

c) El cordon del Cerro Longacho i su continuacion al sur de Matilla.

## II. HIDROLOJÍA

## A.—Las galerías de agua i las vertientes de la rejion de Pica.

a) Descripcion de las galerías de agua cercanas a Pica.

b) Las vertientes de la rejion de Pica.

c) Las galerías de Puquio Núñez.

d) La galería de La Calera.

e) Los tres sondajes ejecutados en la rejion de Pica.

## B.—Las vertientes de la cordillera situada al oriente de Pica.

1) La vertiente de Sagasca.

2) Las vertientes de la rejion de Mamiña.

3) Las vertientes del Salar del Huasco.

4) Las vertientes de la rejion de Collacagua.

5) Las vertientes de la rejion de Piga.

## C.—La química del agua de las vertientes i galerías.

## D.—Las corrientes de agua subterránea en la rejion de Pica i el oríjen de las vertientes de esa rejion.

1) Agua juvenil i vadosa.

2) Segun las condiciones jeológicas, las vertientes de Pica provienen de una gran corriente de agua subterránea.

3) Motivos por los cuales las vertientes están limitadas a la rejion de Pica.

## E.—Trabajos para captar el agua subterránea.

1) Captacion por medio de sondajes a gran profundidad.

2) Captacion por medio de galerías subterráneas.

## Apéndice: La calidad de las aguas de la rejion de Pica i su potabilidad.

## I. LA GEOLOGÍA DE LA REGIÓN DE PICA

## A. MORFOLOGÍA

Vista desde la estación de Pintados, la Cordillera de los Andes ofrece un aspecto bastante raro: en el norte, detrás del pueblo de Mamiña, se levantan las festoneadas crestas de la serranía de Yarbicolla o Columtucsa cuya cima más alta alcanza 5,180 m. de altura. Hacia el sur, las faldas de esta montaña bajan hasta 4,000 m i siguen con esta altura por más de 30 km., formando la pedregosa altiplanicie de los «Altos de Pica». En este trazo no se ve ningún cerro aislado; una línea horizontal no interrumpida une los cerros de Yarbicolla con las serranías de Chacarilla; sólo al pie setentrional de estas últimas se ve un corte hondo que corresponde a la Quebrada de Alona c Chacarilla. Los cerros de Chacarilla tienen el mismo aspecto como los de Yarbicolla, pero no alcanzan las mismas alturas. Tanto de las serranías mencionadas como de la altiplanicie de los Altos de Pica bajan estensas planicies hacia el oeste, hacia la Pampa del Tamarugal. Según veremos en las páginas siguientes, estas diferencias observadas en la morfología de la cordillera, corresponden también a cambios en la estructura geológica.

## B. DESCRIPCIÓN DE LAS ROCAS I ESTRATIGRAFÍA

1) *Las rocas fundamentales*

Las rocas más antiguas de la región de Pica se presentan tanto en las serranías altas como en los cerros pequeños que penetran por las planicies i se levantan como islas sobre éstas. Como la roca más antigua debemos considerar los pórfidos cuarcíferos que ocupan mayores extensiones más al norte en la Quebrada de Tarapacá. Cerca de Pica encontré las mismas capas en el cordón del Cerro Longacho. En la falda occidental de este cordón afloran tobas porfíricas (sin cuarzo) que encierran fósiles muy mal conservados. Intercalados a estas capas se hallan estratos calcáreos con fósiles un poco mejor conservados. Uno de éstos es una impresión de un *amonites* que parece pertenecer a un género jurásico.

En la falda occidental de la Serranía de Yarbicolla, el mesozóico está representado por la «formación porfírica», una serie de lavas i tobas de porfírita i de conglomerados formados por el mismo material. Según el señor Augusto Orrego Cortés (1) estos estratos componen una parte considerable de esta montaña.

(1) Augusto Orrego Cortés: En las Cordilleras. Anales de la Universidad. Tomo 129, p. 268 i 269.

Mas nuevos que estas capas mesozóicas son los grandes macizos de rocas sieníticas i dioríticas que han penetrado en forma de intrusiones en los primeros estratos. Observé estas rocas plutónicas solamente en las cercanías de Mamiña i Macaya; el señor Orrego las menciona como el segundo de los componentes de las serranías de Yarbicolla, donde parecen estar en relacion con los minerales de cobre. Segun el Dr. W. Moericke (1) las intrusiones dioríticas pertenecen al cretáceo superior o terciario inferior.

## 2) *Plegamiento supracretáceo de la cordillera i denudacion posterior*

Junto con las intrusiones de estas masas ígneas se efectuó el plegamiento principal en la Cordillera de los Andes. Se formaron las vastas cadenas de cerros que atraviesan los dos continentes desde el norte hasta el sur. Despues del plegamiento, el mar nunca volvió a cubrir la rejion de los Andes chilenos.

Desde que la primera loma de la cordillera se levantó de las olas del mar mesozóico, empezó la denudacion a destruir las formas recién creadas i por medio de los esteros i rios i del viento trabajó la denudacion durante todo el terciario inferior i mediano; la consecuencia fué que los cerros formados en el cretáceo superior, perdieran enormemente en altura; quedaron sólo macizos aislados de montañas formadas por las rocas mas duras, i entre éstos se estendieron anchos valles de los rios que arrastraron los productos de la destruccion de los cerros en forma de rodados depositándolos mas tarde en puntos adecuados: en el mar o en grandes depresiones intercaladas entre los cerros.

Los sedimentos depositados de este modo se pueden observar en varios puntos: por ejemplo al pié del Salto de Chintaguai, debajo de la capa liparítica, aparecen unos 70 m de arenas i conglomerados los cuales deben ser considerados como sedimentos de un rio grande que pasaba en ese tiempo por la rejion de Pica. La misma edad tienen los gruesos conglomerados subyacentes a la misma liparita que se observan en las quebradas de Sagasca i Tambillo, donde alcanzan espesores de mas de 200 m. Llama la atencion que en comparacion con los conglomerados del Salto de Chintaguai, los de Sagasca tienen rodados mucho ménos redondeados, lo que se esplica por la cercanía de las rocas fundamentales que componen la serranía de Juan de Morales. Los rodados procedentes de este cerro no han recorrido gran distancia i por esto sus cantos son ménos gastados.

Al fin del terciario la Cordillera de los Andes ofrecia mas o ménos el mismo aspecto que el actual, ya descrito en el párrafo A; sólo deberemos descontar el relleno posterior por las capas mas nuevas i reducir las alturas

(1) W. Moericke: Vergleichende Studien über Eruptivgesteine und Erzführung in Chile und Ungarn. Ber. d. Naturf. Gesellschaft zu Freiburg. Tomo VI.

actuales. Tampoco existía en ese tiempo el valle longitudinal de la Pampa del Tamarugal; las cordilleras de la Costa i de los Andes formaban una sola serranía con cerros probablemente no mayores de 2,500 m.

Uno de los valles principales que atravesaba las serranías en el terciario mediano, corresponde a la depresión intercalada entre las serranías de Yarbicolla i de Chacarilla, ya mencionada con el nombre de los «Altos de Pica»; esta depresión saldría mucho más a la vista, si pudiéramos sacar las capas modernas formadas por la formación liparítica con un espesor de a lo menos 300 m i los conglomerados intercalados i subyacentes que hemos mencionado ya, cuyo espesor probablemente será mayor de 200 m.

Más adelante veremos que este valle terciario tiene gran importancia para explicar la formación de las vertientes de Pica.

### 3) *La «formación liparítica»*

Mientras todavía se depositaban los conglomerados descritos en el párrafo anterior, se abrieron largas grietas en la costra de la tierra i de ellas salieron enormes masas de lavas i tobas liparíticas. No sabemos la situación exacta de estas grietas; probablemente se hallan cerca del márgen occidental de la altiplanicie boliviana. Las corrientes de lava se extendieron en parte hacia el oriente, cubriendo grandes extensiones de la Bolivia occidental; en parte siguieron los llanos anchos que bajaron hacia el oeste en dirección hacia el mar, llegando hasta una línea que pasa aproximadamente por el márgen oriental de la Pampa del Tamarugal. En estos llanos las corrientes de liparita i las tobas cubrían los rodados i arenas que formaban el suelo de los anchos valles. Las diferentes capas de liparita intercaladas entre los conglomerados que han sido encontradas en el sondaje grande, situado en la angostura del Salto de Chintaguai, comprueban que las erupciones liparíticas en parte han sido contemporáneas a la sedimentación de los rodados.

Que las liparitas deben tener su origen en la región andina, se puede deducir de la disminución del espesor de las rocas volcánicas. En la región del Salar del Huasco, se puede observar un espesor de capas i tobas liparíticas de a lo menos 300 m, probablemente tengan más de 500 m. Hacia el oeste, alejándonos de los centros de erupciones, disminuye el espesor; en el Salto Grande de Quisma, la liparita tiene más de 30 m; más hacia el oeste, en el perfil del Salto de Chintaguai tiene la misma capa solamente 15 m. Según se deduce del perfil de las capas perforadas por el sondaje grande ejecutado en este punto, las rocas liparíticas de la alta cordillera son sustituidas en el occidente por conglomerados i areniscas que en parte provienen de la destrucción de las liparitas ya formadas, fenómeno representado en el Perfil C, Plano Núm. 1.

Ya que la formacion liparítica i los conglomerados intercalados carecen de fósiles, es difícil determinar la edad jeológica de esta formacion. Para determinar la edad aproximada de estas capas podemos valernos solamente de consideraciones jenerales. La formacion liparítica debe ser mas moderna que el plegamiento supracretáceo, ya que se apoya con discordancia encima de las rocas mesozóicas afectadas por este movimiento. Por otra parte, las liparitas son mas antiguas que el último movimiento tectónico que hizo subir la cordillera a sus actuales alturas. Vemos las liparitas de la alta cordillera plegadas i su manteo en la falda occidental de los Altos de Pica es demasiado grande para ser orijinal (véase el capítulo siguiente). Como de las observaciones hechas en otras partes de la cordillera i especialmente en la costa de Chile central (Arauco), sabemos que los modernos movimientos tectónicos empezaron en el Plioceno inferior o en el Mioceno superior, la formacion liparítica debe ser mas antigua que el plioceno. Tomando en consideracion que la formacion liparítica ha sido atacada mui poco por la denudacion, su edad no puede ser mui grande i probablemente no estamos mui equivocados atribuyéndola al Mioceno superior.

#### 4) *Movimientos tectónicos al fin del Terciario*

Las capas liparíticas se estendieron por las anchas planicies en estratos casi horizontales; la inclinacion considerable que muestra el perfil C, la deben haber recibido posteriormente. Durante el plioceno, en la rejion andina se produjeron nuevos movimientos tectónicos en la costra de la tierra; pero esta vez no se trató de un plegamiento como al fin del cretáceo, sino de un levantamiento vertical del continente i especialmente de la rejion andina, que subió en ese tiempo a sus alturas actuales. Al mismo tiempo se formó la depresion longitudinal de la Pampa del Tamarugal. En el este de la Pampa, segun se puede observar en las cercanías del pueblo de Tarapacá, lo mismo que en Chintaguai, la capa liparítica i los conglomerados subyacentes bajan en forma de flexura hácia la pampa, donde desaparecen debajo de las arenas modernas de ésta. Cerca de Tarapacá tambien los rodados bastante modernos superpuestos a la liparita tienen una inclinacion pronunciada hácia la Pampa del Tamarugal, lo que indica que los movimientos tectónicos han perdurado hasta tiempos mui recientes.

Miéntas en la falda occidental de los Andes, el sollevamiento de la cordillera ha causado solamente una inclinacion regular de la capa liparítica, en los Andes mismos i tambien alrededor de los macizos formados por las rocas fundamentales se produjeron disturbios mayores. Las dislocaciones sufridas por la formacion liparítica alrededor de los cerros aislados compuestos de rocas fundamentales, se pueden observar mui bien en la Quebrada de Sagasca, como lo demuestra el perfil siguiente:

O

E

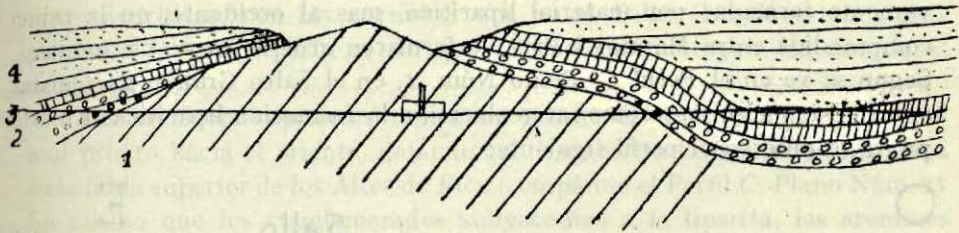


Fig. 1.—Perfil de la Quebrada de Sagasca cerca del Establecimiento.

- 4) arenas i conglomerados superiores
- 3) liparita
- 2) conglomerados inferiores
- 1) rocas fundamentales

Segun muestra esta figura, la liparita i los conglomerados inferiores se han encorvado en las cercanías de las rocas fundamentales. Este fenómeno no se puede explicar por el hecho de que las corrientes de lava liparítica hayan subido un poco en las faldas de los cerros que fueron rodeados por la lava, porque la subida es demasiado grande. Se explica fácilmente, si tomamos en cuenta que los cerros aislados consisten en rocas fundamentales, en las cuales se produjo el movimiento tectónico i que estos cerros se han levantado en un grado relativamente mayor que sus alrededores compuestos por las capas mas modernas, las que fueron afectadas por el movimiento de un modo pasivo. Probablemente estas últimas formadas, fuera de la liparita mui dura, de areniscas i conglomerados en parte poco cimentados, guardaron cierta compresibilidad que les permitió compensar el mayor solevantamiento de su base rocosa por una compresion mayor de sus componentes. Un fenómeno idéntico se observa tambien en el cordón del Cerro Longacho (comp. fig. Núm. 9).

En la cordillera misma, el movimiento vertical de las rocas fundamentales ha producido tensiones en las capas de la formacion liparítica intercaladas entre los macizos formados por las capas basales. Estas tensiones causaron un plegamiento de las capas liparíticas; pero la irregularidad en la direccion de los anticlinales i sinclinales indica que debemos considerar el plegamiento como consecuencia secundaria del solevantamiento vertical.

5) *Las areniscas intercaladas i superpuestas a la formacion liparítica*

Miéntras en la alta cordillera se depositaron las lavas i tobas exclusivamente formadas por material liparítico, mas al occidente, en la rejion comprendida entre Mamiña i Pica, se formaron gruesas capas de areniscas. Segun se ve en el Perfil C, Plano Núm. .1, en el Salto Grande de Quisma entran estas areniscas como intercalacion a la formacion liparítica. En este punto se observa el perfil siguiente:

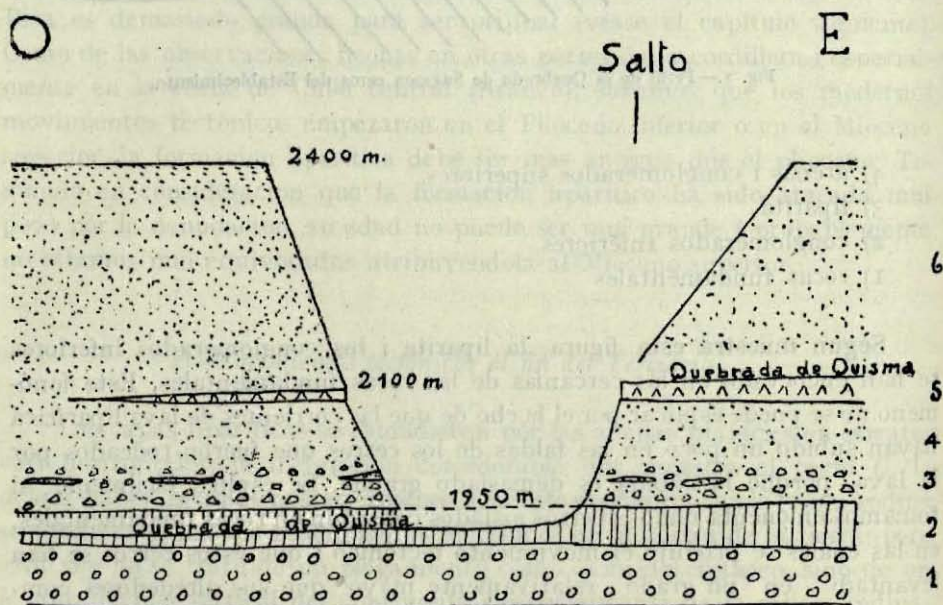


Fig. 2.—Perfil observado en el Salto Grande de Quisma

- 6) arenas superiores
- 5) toba liparítica
- 4) arenas pasando hácia abajo a:
- 3) brechas de material liparítico
- 2) liparita
- 1) conglomerados inferiores (no salen a la superficie)

Encima de la capa liparítica, la cual sigue hácia el oeste hasta llegar al salto de Chintaguai i hasta Matilla, se hallan primero gruesas brechas compuestas por piedras esquinadas de liparita. Hácia arriba disminuye el diámetro de las piedras i en el límite superior de las brechas aparecen mas i mas intercalaciones de areniscas de grano fino. El espesor total de las brechas es de unos 50 m. Mas arriba, el perfil está compuesto de las mismas areniscas de grano fino que han aparecido primero en forma de capas intercaladas; son areniscas muy poco cementadas; alcanzan un espesor de unos cien metros. Encima de éstas se halla una toba blanca liparítica que



en el salto mismo tiene un espesor de 20 m; hacia el oriente aumenta rápidamente en espesor, mientras hacia el oeste se pone mas i mas delgada i desaparece al fin unos 1,000 m. al occidente del salto. Desde allá, hasta el Salto de Chintaguai, se juntan las areniscas intercaladas entre las dos capas liparíticas, con las areniscas que en el Salto Grande están superpuestas a la toba liparítica, sin que sea posible distinguir las dos clases de capas.

Las areniscas superiores tienen un grueso de unos 300 m i terminan muy pronto hacia el oriente, dejando así descubierta la formacion liparítica en la falda superior de los Altos de Pica (compárese el Perfil C, Plano Núm. 1) Lo mismo que los conglomerados subyacentes a la liparita, las areniscas superiores se trasforman en areniscas de grano grueso i en conglomerados hacia los cerros formados por las capas fundamentales; al mismo tiempo disminuye el material liparítico en ellas i aumentan los rodados de rocas fundamentales. En las cercanías de los cerros altos, como por ejemplo en Mamiña, es imposible distinguir estas areniscas modernas de los conglomerados inferiores. Tambien las areniscas superiores han participado en los últimos movimientos tectónicos, aunque en menor grado que la formacion liparítica, según se puede observar en la Quebrada de Sagasca.

En muchos puntos, las areniscas intercaladas i superpuestas a la capa de liparita muestran una estratificacion diagonal muy pronunciada; las diferentes capas inclinadas que componen la «estratificacion falsa» pueden alcanzar un largo de varios metros, de modo que fácilmente pueden dar origen a errores.

En las afueras de Pica corresponden a las areniscas superiores las areniscas de la «angostura de Chintaguai»; éstas, en parte, difieren algo de las primeras, lo que probablemente se debe a la descomposicion causada por las aguas termales. El espesor muy reducido que tienen las areniscas de Chintaguai se debe a una erosion posterior.

#### 6) *Las arenas grises oscuras de Pica*

Mucho mas modernas son las arenas grises oscuras poco cimentadas que forman el subsuelo de la planicie de Pica. Pertenecen a un gran cono de rodados i arenas depositado por la Quebrada de Quisma, cuando el suelo de ésta se encontraba a un nivel cien metros mas alto que el que actualmente posee. En las galerías de Pica se ven frecuentes intercalaciones de rodados gruesos, lo que indica que temporalmente el lecho del estero ha pasado por esos puntos.

Las arenas grises oscuras deben ser mucho mas modernas que las areniscas superpuestas a la formacion liparíticas, ya que rellenan antiguas quebradas escavadas en ellas o en la liparita misma (véase fig. Núm. 6 i 7).

Esto hace suponer que ántes de la sedimentacion de las arenas modernas, haya existido una época de fuerte denudacion que en parte destruyó las areniscas superiores de la formacion liparítica.

Las arenas oscuras son las primeras capas que no han sufrido alteraciones de su posicion orijinal. Jeneralmente tienen una suave inclinacion hácia el oeste, que debe ser considerada como orijinal. A veces, especialmente en las antiguas quebradas rellenadas por las arenas, se notan inclinaciones fuertes causadas por la irregularidad del subsuelo en que se han depositado las arenas. Tambien no es rara una estructura diagonal.

#### 7) *Los sedimentos modernos de la rejion de Pica*

Los sedimentos mas modernos son, fuera de las arenas i arcillas que forman el subsuelo de la Pampa del Tamarugal, las dunas que en parte alcanzan dimensiones considerables. Igualmente modernos son los nuevos conos de rodados que siguen depositando hoi dia las avenidas que bajan por las quebradas de Tambillo, Chintaguai i Chacarilla. De las fuerzas que desarrollan las avenidas dan testimonio los enormes bloques de liparita que cubren la superficie de estos conos.

#### 8) *Los sedimentos volcánicos de la alta cordillera*

La historia jeológica de la alta cordillera i de su falda occidental es la misma para las dos rejiones hasta llegar a la época en que salieron las rocas liparíticas del interior de la tierra. Segun hemos visto anteriormente, los movimientos de la costra de la tierra producidos al fin del terciario han afectado de distintos modos a las dos rejiones. De las areniscas intercaladas o superpuestas a la formacion liparítica no notamos ningun vestijio en la alta cordillera. La formacion liparítica se compone esclusivamente de lavas i tobas i alcanza un espesor de a lo ménos 300 m. Encima de estas capas, a veces fuertemente plegadas, no se han depositado otros estratos sedimentarios. A las erupciones de las lavas i tobas liparíticas, cuyo centro debe haberse hallado en la alta cordillera, siguieron en esa rejion otras erupciones volcánicas hasta nuestros dias; solamente ha cambiado la composicion química de los productos volcánicos. Despues del plegamiento de la formacion liparítica, empezaron erupciones de lavas i tobas traquíticas en el cordon de cerros situados al oriente del gran valle del Huasco. Los volcanes de este período han sido destruidos fuertemente por la erosion, de modo que es imposible reconocer su forma antigua de volcanes; solamente el estudio de las rocas nos permite, mas o ménos perfectamente reconstruir los antiguos centros de erupcion.

Al mismo grupo pertenece el Cerro Porquesa cuyas formas están mejor conservadas. Se nota todavía la existencia de un cráter medio destruido i los restos de antiguas corrientes de lava que han bajado por las faldas de este volcan; una de ellas ha llegado hasta cerca de las vertientes de Piga.

Segun la descripción hecha por el señor Augusto Orrego Cortés, parece que las erupciones mas modernas se han efectuado en rejiones mas orientales; en la parte occidental de la altiplanicie boliviana.

Despues de la erupcion del Cerro de la Porquesa, ha vuelto a producirse una nueva erupcion de materiales liparíticos, la cual cubrió con sus tobas blancas i poco cimentadas las planicies intercaladas entre los volcanes traquíticos. El espesor de estas tobas modernas llega hasta 200 m. No sabemos el punto donde se efectuó esta erupcion; el señor Orrego considera las tobas liparíticas como procedentes de la Porquesa; pero las lavas salidas de este volcan son bien diferentes de las tobas.

Despues de haber dado una breve descripción de las diferentes rocas que componen los Andes de Pica i una reseña de la historia jeológica, en los párrafos siguientes describiremos mas detalladamente la jeología de las diferentes rejiones estudiadas.

### C. DESCRIPCION JEOLÓGICA DE LAS DIFERENTES REJIONES

#### 1) *La rejion andina*

(Plano Núm. 1. Perfiles B i C)

Por la gran depresion lonjitudinal recorrida en parte por el curso inferior del estero de Collacagua i en parte ocupada por el Salar del Huasco, la rejion andina estudiada por mí, se divide en dos partes: la primera está en el occidente: las serranías de Yarbicolla formadas por las rocas fundamentales i la altiplanicie de los Altos de Pica compuesta por las capas liparíticas. La segunda está al oriente del valle de Collacagua: allí se hallan los cerros neo-volcánicos formando una serranía que se estiende desde los Cerros Guaila hasta el Cerro Piga, siguiendo al norte del arroyo de Piga en el Cerro de la Porquesa.

Empezamos la descripción en el oeste porque allá, en los cerros de Yarbicolla, afloran las capas mas antiguas. Encima de las capas basales de esta serranía, bajan por la falda oriental los estratos de la formacion liparítica, segun se puede observar claramente en el hondo corte del Valle de Chaquina (comp. Perfil B, Plano Núm. 1). En la parte superior del valle, la inclinacion de las liparitas es bastante pronunciada, pero luego, avanzando valle abajo, disminuye la inclinacion hasta llegar a unas vegas anchas

situadas unos dos kilómetros al oriente de la «Cueva Negra». Después de haber pasado las vegas, el estero entra a una nueva angostura bastante estrecha, cortada en la formación liparítica cuyas capas forman allí un anticlinal muy regular y desaparecen hacia el oriente debajo de las vegas de la Pampa Chaquina. Al otro lado de la pampa reaparecen en el Morro Collacagua, con inclinación hacia el este. Tanto en este morro como en la angostura de Chaquina se puede observar un espesor de 300 m de la formación liparítica; en caso de que no exista la falla indicada en el Perfil B, tendrían las capas liparíticas un espesor de más de 600 m.

Paralelas a la superficie de la falda oriental del Morro Collacagua bajan los estratos hacia el este y desaparecen al N. E. de las casas de Collacagua, debajo de las tobas liparíticas modernas. Pero más hacia el norte, en el valle superior de Chislaca, se puede observar como siguen más hacia el este, formando otro anticlinal, pero más suave que el primero; este último anticlinal tiene rumbo N.E.—S.O. Más hacia el oriente desaparece la formación liparítica debajo de las capas traquíticas del Cerro de la Porquesa.

En esta región no alcancé lo suficiente hacia el oriente para volver a encontrar la formación liparítica al este de la Porquesa; pero más al norte, en la Pampa de Lirima, la encontré en las lomas que rodean esta pampa y hasta en el zócalo sobre el cual se levantan los cerros neovolcánicos de Sillajuai, situados en una región que desagua hacia la altiplanicie boliviana.

Volveremos ahora a las serranías de Yarbicolla; lo mismo que hacia el este, la formación liparítica baja también por la falda sur y se extiende luego cubriendo vastas áreas tanto en la altiplanicie de los Altos de Pica como en la falda occidental de éstos. Debajo de la altiplanicie las capas liparíticas tienen una posición más o menos horizontal; se notan solamente suaves ondulaciones de las capas. Hacia el ancho valle longitudinal del Salar del Huasco los estratos bajan con fuerte inclinación en forma de una flexura, desapareciendo luego debajo de los sedimentos modernos que forman el subsuelo del valle. Al occidente del salar mismo no se observa la flexura, porque ésta allí se ha transformado en una falla. Las liparitas no reaparecen al otro lado del valle, porque allí quedan cubiertas por las rocas neovolcánicas de la Cordillera de Sillilica. Pero al sur del salar, la formación liparítica se levanta suavemente ascendiendo desde el salar hacia el sur. En la continuación del valle longitudinal, el cual sigue hasta la Pampa de Charilla, la formación liparítica forma el subsuelo con posición suavemente ondulada. Según el señor Federico Philippi (1) parece que las capas liparíticas tienen gran extensión en las regiones de los salares de Empexa y más hacia el sureste.

---

(1) Federico Philippi: Reise nach der Provinz Tarapacá.—Verhandl. des deutschen wissenschaftlichen Vereins zu Santiago, 1886, p. 148. Traducción alemana de un informe publicado en el *Diario Oficial*.

La cordillera volcánica de Sillillica cierra el valle del Salar del Huasco hácia el oriente; termina en el norte en el Cerro Piga sin tener una continuación al norte del Valle de Collacagua. La composición jeológica de esta serranía se puede estudiar mejor en el valle que baja entre el Cerro Piga i San Isidro hácia el occidente. Encima de una serie de tobas i brechas traquíticas siguen capas de traquita. El volcan antiguo compuesto por estas capas ha sido destruido fuertemente por la erosion posterior, de modo que no queda casi nada de la antigua forma volcánica.

Un poco mejor conservada se encuentra la forma exterior del volcan traquítico de la Porquesa, lo que indica que allá se trata de una erupción mas moderna que las que se habian producido en la Cordillera de Sillillica. El dibujo siguiente muestra el aspecto que ofrece este cerro visto desde la rejion situada al este de Piga.

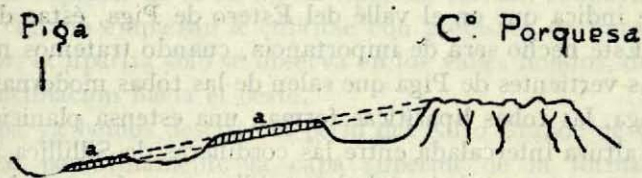


Fig. 3.—El Cerro de la Porquesa

En este dibujo, al sur del cerro principal, se ve un cerro con superficie inclinada hácia el sur, cuya prolongacion hácia el norte alcanzaria la cima de la Porquesa. Este cerro pequeño seguramente está formado por la misma corriente de lava que se puede observar unos cien metros valle abajo de las casas de Piga, donde aparece con la misma inclinacion i cortada allá por el valle de Piga. En el dibujo, la línea de puntos indica la antigua falda sur del volcán, la que posteriormente ha sido cortada por anchos valles. El antiguo cráter de la Porquesa que contiene yacimientos de azufre, sólo puede divisarse desde el oeste como una depresion mui suave en la cima del cerro. Las lavas de la Porquesa aparecen tambien en la angostura que recorre el estero de Piga unos 2 km mas abajo de las vertientes de éste, donde descansan sobre conglomerados gruesos, formados casi esclusivamente por grandes bloques de lava provenientes del mismo volcán. La fuerte denudacion i especialmente las formas actuales de la Porquesa, elaboradas por la accion de los ventisqueros, indican que debemos atribuirle una edad preglacial o interglacial.

Subiendo desde Huasco el Valle de Collacagua, se notan ya cerca de Manca Collacagua varios pedazos aislados de una toba liparítica blanca como pegados en los cerros constituidos por la formación liparítica. Unos tres kilómetros ántes de llegar a Peña Blanca, estas tobas forman una pared vertical cuyo pié está bañado por el estero. Siguiendo el camino, desde las casas de Peña Blanca, las tobas forman una terraza que corre a lo largo del Estero Collacagua i que se apoya en la formación liparítica; esto prueba que estas tobas blancas son mas modernas que la formación liparítica. Hacia valle arriba, la terraza formada por las tobas liparíticas blancas se levanta mas i mas sobre el suelo del valle i al mismo tiempo se estiende hasta ocupar grandes planicies intercaladas entre los cerros constituidos por la formación liparítica i las serranías volcánicas. Como estas tobas se apoyan tambien en los cerros traquíticos, deben ser aún mas modernas que las erupciones traquíticas que dieron oríjen a la Cordillera de Sillillica i al Cerro de la Porquesa.

En la angostura, en la cual se halla el antiguo establecimiento de Collacagua, la parte superior de las tobas blancas es formada por brechas liparíticas. Al norte de Collacagua, en el valle de Chislaca, se puede observar como sale hacia el norte la formación liparítica por debajo de las tobas blancas, lo que indica que en el valle del Estero de Piga, éstas descansan sobre aquélla. Este hecho será de importancia, cuando tratemos mas tarde del oríjen de las vertientes de Piga que salen de las tobas modernas. Al este i sureste de Piga, las tobas liparíticas forman una estensa planicie de mas de 4,200 m de altura intercalada entre las cordilleras de Sillillica i Sacaya.

Los sedimentos mas modernos de la cordillera son, fuera de los escombros de falda, las arenas i arcillas que cubren el suelo del Valle del Huasco. Estas han sido depositadas por las avenidas que bajan con el Estero de Collacagua; en la parte norte consisten principalmente de arenas i éstas son sustituidas paulatinamente por las arcillas del salar. Las eflorescencias salinas i la costra de sal se deben a la evaporización del agua que baja por el Estero de Collacagua; despues de haber desaparecido superficialmente por infiltración en el suelo arenoso, el agua del estero pasa subterráneamente hasta llegar al salar. Pero en los tiempos de sequías, las vertientes situadas al márjen del salar deben contribuir a la formación de las lagunas del salar a lo ménos tanto como el agua que pasa subterráneamente desde el Estero de Collacagua.

En el Salar del Huasco se han pedido varias pertenencias de sales potásicas; la potasa proviene de las capas liparíticas que contienen alrededor de 5% de  $K_2O$ ; el agua de las lluvias cargada con ácido carbónico ha extraído la potasa i ésta se depositó mas tarde en el salar, donde el agua misma desapareció por evaporación.

El Salar del Huasco antiguamente estaba ocupado por una gran laguna cuyo nivel era en unos 30 m mas alto que el de las actuales pequeñas la-

gunas diseminadas en el salar. A esta altura se observa, al oeste del salar, una pequeña terraza de abrasion cortada en la liparita por las olas de la antigua laguna. La terraza tiene un ancho de solamente 2 a 3 m, pero está mui bien desarrollada. Además se observan hasta la altura de la terraza, i especialmente en ésta, tobas calcáreas que representan los sedimentos químicos de la antigua laguna. En la terraza misma, la toba calcárea ha servido como cemento de las piedras liparíticas.

## 2) *La falda occidental de los Altos de Pica*

(Plano Núm. 1, Perfil C)

Las condiciones jeológicas encontradas en la falda occidental de los Altos de Pica son sumamente sencillas i monótonas. Desde la altiplanicie de los Altos con sus 4,000 m de altura, bajan las capas de la formacion liparítica sin interrupcion mayor hasta la rejion de Pica; el manteo de las liparitas corresponde a la inclinacion de la falda de los Altos de Pica. Miéntas en la parte superior de la falda, las liparitas forman el subsuelo inmediato, a medio camino empiezan a cubrirse con areniscas de unos 200 a 300 m de espesor; la liparita sólo se observa en los valles hondos, donde sigue con regular inclinacion hácia el oeste.

Arriba ya hemos descrito el perfil del Salto Grande de Quisma, donde desaparece paulatinamente la capa superior de la formacion liparítica (comp. Fig. Núm. 2). Desde allá para abajo se juntan las areniscas superpuestas a la formacion liparítica con las intercaladas a ella. Estas últimas deben desaparecer hácia el este, ya que, en la alta cordillera, no encontramos ningun vestijio de ellas.

La capa de liparita que forma el suelo del valle al pié del Salto Grande, es la misma que aparece en el Salto de Chintaguai i cerca de Matilla. Unos pocos kilómetros mas abajo del Salto Grande desaparece esta capa a causa de su inclinacion mayor a la del suelo del valle i las faldas de éste están formadas esclusivamente por las areniscas intercaladas i superpuestas a la formacion liparítica. El manteo hácia el oeste llega hasta unos 3 km al oriente del Salto de Chintaguai; allí, las capas toman primero una posicion horizontal i luego una inclinacion hácia el este. Las capas forman, pues, un sinclinal mui suave. Unos dos kilómetros al este del Salto de Chintaguai termina la angostura de la Quebrada de Quisma; las faldas se cubren de arenas depositadas por el viento; pero debajo de éstas sube la capa de liparita con fuerte inclinacion hácia el este, casi ofreciendo el aspecto de un filon eruptivo. Inmediatamente al oeste de este afloramiento sigue la misma capa liparítica con suave inclinacion hácia el oeste; las dos partes de la capa están separadas por una falla bien visible en la falda. Mas valle abajo reapa-

rece la liparita en la parte superior del Salto de Chintaguai, ligeramente inclinada hacia el este, formando otro sinclinal muy suave.

Volveremos ahora al Salto Grande de Quisma para estudiar las areniscas modernas superpuestas a la formación liparítica, las que en esta región alcanzan un espesor de a lo menos 300 m. Las areniscas forman una especie de terraza enorme que baja paulatinamente hacia el occidente i que en la región del Salto Grande tiene una altura de 2,400 m. En el oriente, las areniscas empiezan con una línea bien visible en forma de lomas superpuestas a la falda liparítica de los Altos de Pica. Son muy pocos los puntos donde se pueden estudiar las areniscas, porque superficialmente están muy descompuestas i transformadas en una arena suelta mezclada con numerosas piedras de toba liparítica idéntica a la que forma la capa superior del Salto Grande. Estas piedras indican que las areniscas se han formado del material proveniente de la destrucción de las partes superiores de los Altos de Pica. Tales sedimentos depositados al pié de alguna serranía, se llaman «formación de piedmont» (1).

Hacia el sur observé las areniscas modernas hasta la Quebrada de Chacarilla; hacia el norte ascienden paulatinamente i forman las planicies intercaladas entre las serranías de Yarbicolla i de Juan de Morales. Mientras que desde el Cerro Longacho hasta Puquio Núñez no alcanzan al márgen de la Pampa del Tamarugal, bajan a ésta en la región situada entre los cerros Longacho i Juan de Morales. Allí las lomas formadas por estas areniscas, ofrecen el aspecto de un enorme cono de rodados cuya superficie baja tanto al sur como al occidente. Según lo muestra el Perfil F, Plano Núm. 2, las lomas tienen una altura que excede bastante la del Cerro Longacho. La ausencia de las areniscas en las regiones de este cerro i de Pica se debe a una erosión posterior.

### 3) La región comprendida entre las quebradas de Tambillo i Mamiña

(Plano Núm. 1. Perfil A i Plano Núm. 2).

Según hemos visto en el último párrafo, las planicies formadas por las areniscas modernas entran aquí entre las serranías constituidas por las rocas fundamentales. Pero las quebradas muy hondas de esta región permiten el estudio de la composición geológica.

El camino de Pica a Mamiña baja a la Quebrada de Tambillo en el

(1) También el señor *Isaiah Bowman*, Profesor de Yale University, quien tuvo la amabilidad de enviarme sus valiosas publicaciones sobre la morfología del norte de Chile i Bolivia considera estas capas como formación de piedmont compárese: *I. Bowman*.—The Physiography of the Central Andes.—The American Journ. of Science, Vol. XXVIII p. 205.



punto donde ésta se une con la Quebrada de Sagasca. El camino desciende por las areniscas modernas, en las cuales llama la atención el aumento en conglomerados intercalados, formados casi exclusivamente por rodados de las rocas fundamentales; esto indica que las serranías compuestas por estas capas han contribuido principalmente a la formación de las areniscas i conglomerados. Debajo de las areniscas aparece la liparita con un espesor solamente de 10 m. Viene con inclinación suave desde el oriente i pocas decenas de metros mas abajo de la junta de las dos quebradas, desaparece la liparita con inclinación hacia el occidente. Es la misma flexura que dió lugar a la depresión de la Pampa del Tamarugal.

Siguiendo el fondo de la Quebrada de Sagasca hacia valle arriba, se nota como se levanta la capa liparítica en la falda, i debajo de ella aparecen gruesos conglomerados que alcanzan un espesor visible de mas de 150 m. Por su posición estratigráfica, son las mismas capas que afloran al pié del Salto de Chintaguai.

Media legua ántes de llegar al Establecimiento de Sagasca, salen las rocas fundamentales del fondo de la quebrada; los conglomerados i la liparita se apoyan en ellas (comp. Fig. Núm. 1). Las capas fundamentales consisten en conglomerados porfiríticos atravesados por numerosos filones de porfiritita. Tienen fuerte manteo hacia el occidente. Estas capas son la continuación austral del Cerro de Juan de Morales i sin la existencia de la Quebrada de Sagasca habrían quedado cubiertas por las capas mas nuevas.

Al oriente de este núcleo de capas basales, baja la capa liparítica cuyo espesor ya es superior a 50 m., con una flexura; pero no desaparece debajo del fondo de la quebrada sino que ántes toma inclinación hacia el occidente i sigue formando la parte inferior de la falda.

Dé Sagasca sube el camino a la falda setentrional del valle i conduce por la altiplanicie formada por las areniscas superpuestas a la formación liparítica; luego desciende a la Quebrada de Juan de Morales. Allí reaparecen las capas fundamentales que componen el Cerro Juan de Morales. En la falda oriental de este cerro se encuentra la misma flexura que acabamos de describir.

Desde el Cerro de Juan de Morales hasta Mamiña, el camino corre por el alto, de modo que las observaciones geológicas que se pueden hacer son muy escasas. De vez en cuando se ve que la formación liparítica compone gran parte de las quebradas hondas, i que sube hacia el Este casi con la misma inclinación que tiene el fondo de los valles.

Pero ya ántes de llegar a Mamiña, las capas liparíticas se ponen mas i mas delgadas; como en el Salto Grande de Quisma, se intercalan estratos de rodados entre las rocas de origen volcánico. En Mamiña mismo existe una sola capa de toba liparítica de pocos metros de espesor que desaparece en forma de cuña hacia el este. En el oriente, al pié de las serranías de Yarbicolla, formadas por las capas fundamentales, hai solamente gruesos con-

glomerados provenientes de la destruccion de los cerros: es una formacion de piedmont.

Desde léjos ya se ve esta formacion de piedmont, que al acercarse a Mamiña i a las serranías, toma una inclinacion de la superficie cada vez mas fuerte. En Mamiña las capas de rodados tienen un manteo de 8° hácia el oeste.

Las rocas fundamentales, que en esta rejion pertenecen a la falda occidental de la serranía de Yarbicolla, consisten en Mamiña en porfiritas mesozóicas, en las cuales han penetrado intrusiones de dioritas. Como es natural, las rocas fundamentales alcanzan su mayor estension hácia el oeste en el fondo de las numerosas quebradas que han sido escavadas en la formacion de piedmont.

#### 4) *La rejion de Píca*

##### a) Perfil del Valle de Chintaguai

(Plano III, perfiles *G* i *H*)

En el capítulo Núm. C,<sup>2</sup> habiamos estudiado el perfil de la falda occidental de los Altos de Píca hasta llegar al Salto de Chintaguai. Habiamos observado una pequeña inclinacion de la capa liparítica hácia el este que se nota en el salto mismo i que afecta del mismo modo a las areniscas i conglomerados subyacentes. Pero a pocas decenas de metros, valle abajo salto, se ve cómo los estratos primero toman posicion horizontal i luego una inclinacion hácia el occidente que aumenta hasta alcanzar 16°. La posicion de las capas es la de un anticlinal mui asimétrico que mejor p dria llamarse una flexura. Esta flexura en las capas de liparita es una de las pocas irregularidades que se observan en su descenso uniforme desde los 4,000 m de altura en los Altos de Píca hasta unos 1,000 m en la orilla oriental de la Pampa del Tamarugal.

En la angostura situada debajo del Salto de Chintaguai, observé el perfil siguiente:

- 15) 11,50 m liparita colorada
- 14) 5,00 » liparita oscura rica en vidrio volcánico; hácia abajo pasa paulatinamente a:
- 13) 1,00 » liparita de color café
- 12) 1,50 » toba liparítica de color rosado
- 11) 0,50 » toba liparítica de color blanco
- 10) 0,80 » areniscas blancas finamente estratificadas con delgadas capas de carbon i mica en los plenos de estratificacion

- q) 0,50 » arenisca parda de grano mediano con escasos rodados pequeños
- 8) 1,10 » conglomerado formado por piedras entre las cuales prevalecen las rocas fundamentales

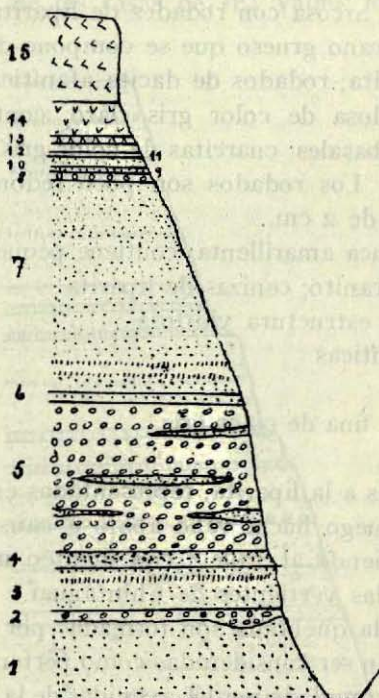


Fig. 4.—Perfil del Salto de Chintaguai

- 7) 28,00 » areniscas de grano mediano con escasos rodados
- 6) 1,40 » arenisca con rodados irregularmente repartidos por toda la capa
- 5) 20,00 » conglomerado con intercalaciones irregulares de areniscas; los rodados tienen hasta 15 cm de diámetro. El límite inferior consiste en una discordancia de erosión
- 4) 1,70 » arenisca gris de grano fino con piedras aisladas de 0,5 cm de diámetro
- 3) 6,00 » areniscas de grano fino y finamente estratificadas con algunas intercalaciones de arcillas blancas
- 2) 2,30 a 3,00 m conglomerado que muestra en una parte una fuerte discordancia de erosión en la capa inferior (antiguo lecho de río)
- 1) 11,00 m areniscas de grano fino como capa Núm. 3.

El sondaje grande encontró debajo de estas capas el perfil siguiente

segun el señor Felsch (1) quien tuvo la oportunidad de estudiar las muestras estraidas:

- 9) 9,80 m arena gris con granos de feldespato i aujita
- 8) 33,20 » arenisca de arcosa con rodados de liparita i de toba liparítica
- 7) 5,00 » arena de grano grueso que se compone de granos de cuarzo i de aujita; rodados de dacita afanítica
- 6) 34,00 » arena arcillosa de color gris claro, contiene rodados de las capas basales: cuarcitas de color gris oscuro; diorita i areniscas. Los rodados son poco redondeados i tienen diámetro de 2 cm.
- 5) 50,00 » arcilla blanca amarillenta; contiene pequeños granos de cuarzo i de granito; cenizas de liparita
- 8) 8,00 » liparita de estructura vidriosa
- 3) 2,50 » tobas liparíticas
- 2) 17,50 » liparita
- 1) mas de 23 m arena fina de color gris

Las capas inferiores a la liparita, representadas en el perfil de la figura núm. 4, desaparecen luego hácia valle abajo a causa del fuerte manto; la liparita misma descendiendo al valle i con manto menor forma el fondo de éste hasta llegar a las vertientes de Chintaguai.

Las dos faldas de la quebrada son formadas por arenas modernas que en su mayor parte deben ser consideradas como pertenecientes a un antiguo gran cono de rodados acumulado por las avenidas de la Quebrada de Quisma. Así se comprende tambien que desde la parte superior del valle, haya declive tanto hácia el norte, hácia Pica, como hácia el sur (2). Pero ántes de entrar mas detalladamente en la descripción de estas arenas modernas, debemos ocuparnos brevemente de las capas que siguen directamente encima de la liparita. Estas capas que segun su edad i posición corresponden a las areniscas intercaladas i superpuestas de la formación liparítica, se observan solamente desde las vertientes de Chintaguai hácia valle abajo. Hasta las vertientes mismas, o mas exacto hasta el baño de Chintaguai (una de las vertientes grandes), se puede seguir a la capa liparítica por el fondo del valle, pero mas valle abajo desaparece esta capa i no reaparece hasta llegar cerca a las casas de Matilla. Ya en la rejion de las vertientes, se observan algunas capas de una arenisca gris que afloran al lado del camino que conduce a la cantera de Larrain, situada un poco valle arriba de las vertientes. Pero la gran cantidad de arena movida por el viento i las

(1) J. Felsch.—Informe sobre el reconocimiento jeológico de los indicios de petróleo en la Provincia de Tarapacá. Bol. Soc. Nacion de Minería, 1917. p. 317-32.

(2) Compárese el Perfil G. Plano N.º III.

arenas modernas del antiguo cono de arenas no permite observar un perfil mas grande en estas capas.

Se pueden estudiar mejor los estratos superpuestos a la capa liparítica en la angostura de Chintaguai, al lado del pequeño tranque que está situado un poco valle arriba de las casas de «El Valle»; allí observé el perfil siguiente:

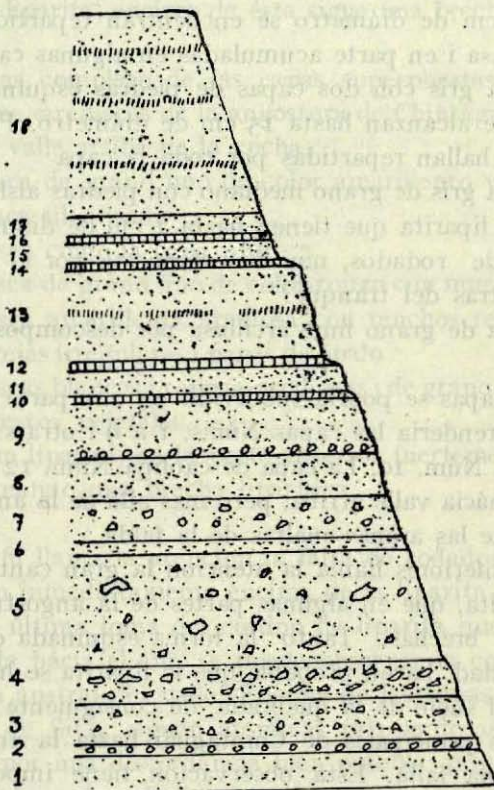


Fig. 5.—Perfil de las «areniscas de Chintaguai»

- 18) 5,00 m bancos de arenisca con capas intercaladas de arcilla
- 17) 0,50 » banco de arenisca con escasos rodados de diámetro de unos 2 cm
- 16) 0,17 » unas diez capitas de arcilla alternando con otras de arenisca
- 15) 0,60 » arenisca como núm. 17 con capa de arcilla
- 14) 0,05 » tres capitas de arcilla alternando con areniscas
- 13) 2,50 » arenisca como núm. 17; en el centro una capa irregular de arcilla
- 12) 0,15 » arcilla blanca de aspecto de caolina
- 11) 0,75 » arenisca como núm. 17
- 10) 0,10 » arcilla blanca
- 9) 1,50 » arenisca con una capa de 0,20 m de rodados en la base

- 8) 1,10 m arenisca de grano mediano sin rodados con estratificacion poco desarrollada
- 7) 1,10 » arenisca con numerosas piedras esquinadas de liparita
- 6) 0,40 » arenisca como núm. 5, estratificada en capas de 1 cm de espesor
- 5) 3,00 » arenisca gris de grano mediano; piedras de liparita de 20 cm de diámetro son escasas, pero piedras pequeñas de 1 a 2 cm de diámetro se encuentran repartidas por toda la masa i en parte acumuladas en algunas capas
- 4) 1,00 » arenisca gris con dos capas de piedras esquinadas de liparita que alcanzan hasta 15 cm de diámetro. Piedras pequeñas se hallan repartidas por toda la capa
- 3) 1,20 » arenisca gris de grano mediano con piedras aisladas esquinadas de liparita que tienen hasta 1 cm de diámetro
- 2) 0,25 » ¿capa de rodados, muy descompuesta por el agua estancada detras del tranque?
- 1) 1,00 » arenisca de grano fino, arcillosa por descomposicion.

Esta serie de capas se podria subdividir en una parte inferior conglomerática que comprenderia las capas Núms. 1 a 9 i otra superior que empezaria con la capa Núm. 10. La capa de caolina Núm. 12 se puede seguir a mayor distancia hácia valle arriba, pero mas allá de la angostura desaparece luego debajo de las arenas sueltas de la falda.

En las capas inferiores llama la atencion la gran cantidad de piedras esquinadas de liparita, que en algunas partes de la angostura forman verdaderos bancos de brechas. Tanto la forma esquinada de estas piedras como su gran cantidad, hacen probable que la liparita se halle a poca profundidad debajo del suelo de la quebrada; de consiguiente esta capa sigue desde las vertientes principales de Chintaguai hasta la angostura sin ser dislocada por alguna falla. Esta observacion tiene importancia porque prueba que las vertientes de Chintaguai no ascienden por una falla, como lo habia supuesto erróneamente en mi informe preliminar, sino que el agua debe subir en grietas en las cuales no ha habido una dislocacion perceptible.

Las areniscas de la angostura están cubiertas por las arenas oscuras, que poco mas valle abajo forman toda la falda hasta el fondo del valle. Solamente en la «Cocha de la Botijería» reaparecen las capas de la angostura, donde se levantan del suelo del valle con una pequeña inclinacion hácia el este; tienen un espesor de unos 10 m i luego reaparece tambien debajo de ellas la capa de liparita que se levanta hasta unos 10 m encima del fondo del valle (compárese fig. núm. 6)

Hácia el norte, la liparita se levanta mas i mas i forma una serie de pequeñas lomas, cuya continuacion es el cordon del Cerro Longacho. Al occidente del cordon de lomas corre una falla con direccion N.-S., cuya existencia se puede deducir de la observacion siguiente: en una pequeña

cantera situada cerca del «Faro» de Matilla, se observa un manteo de la liparita hácia el oriente, en la falda occidental de la loma; miéntras que mas hácia el occidente, la liparita reaparece en un nivel inferior al lado de la Cocha de Jarasmilio, i las capas inmediatamente superpuestas a la liparita siguen hasta el pié de la loma.

Al lado de la cocha nombrada, salen pequeñas cantidades de agua de las grietas de la liparita; encima de ésta sigue una brecha de liparita i despues areniscas.

El perfil mas completo de las capas superpuestas a la liparita que corresponden a las «areniscas de la angostura de Chintaguai» se puede observar unos 300 m valle arriba de la cocha.

- 7) 1,00 m arenisca de grano fino de color amarillento verdoso
- 6) 0,15 » arenisca silicificada
- 5) 0,80 » arenisca como la capa núm. 7
- 4) 0,10 » arenisca de grano fino de color rojizo con muchos restos vegetales
- 3) 0,25 » arenisca amarillenta arcillosa con muchos restos vegetales; lentejas irregulares i papas de ópalo
- 2) 1,80 » areniscas blancas i rojizas, arcillosas i de grano fino con muchos restos vegetales
- 1) mas de 2,00 m liparita, en la parte superior fuertemente quebrada, formando una brecha liparítica.

En este perfil llama la atencion la falta de rodados de liparita en las capas que siguen inmediatamente encima de la liparita.

Frente a la última loma del cordón de liparita que se estiende desde el faro de Matilla hácia el sur, se puede observar la continuacion de este perfil en la falda austral del valle. Encima de las capas caracterizadas por la precipitacion de  $\text{SiO}_2$ , siguen areniscas gris-verdosas, separadas de las capas inferiores por una discordancia bien notable; principian con un conglomerado de transgresion. Estas capas superiores, que encierran una capa de un metro de arcilla blanca, están caracterizadas por ser poco cimentadas i representan probablemente la parte inferior de las arenas oscuras.

Desde la Cocha de Jarasmilio hácia el occidente, la liparita forma el fondo del valle de Chintaguai hasta las últimas chacras de Matilla. En la falda se observan las areniscas superpuestas con manteo de  $8^\circ$  a  $10^\circ$  hácia el occidente. De este modo al fin desaparece la liparita debajo de las capas modernas de la Pampa del Tamarugal.

#### LAS ARENAS OSCURAS

Las arenas oscuras que tienen una edad mui moderna, forman el gran cono de rodados depositado por las avenidas que ántes habian bajado por

la Quebrada de Quisma, cuando todavia no existia el actual valle de Chintaguai, ni la profunda quebrada situada debajo del salto. La forma del cono se puede observar perfectamente desde la rejion de Pica o estando en el alto, al lado del valle. Tanto hácia el norte como hácia el sur i hácia el oeste, hai un declive mui pronunciado (compárese Perfil G, Plano Núm. III).

Las arenas que componen este gran cono están caracterizadas por su color oscuro i con frecuencia presentan una estratificacion diagonal. De vez en cuando estas arenas encierran fajas irregulares de rodados, las que se observan tanto en la falda del Valle de Chintaguai como en las numerosas galerías de agua. Estas galerías han sido escavadas sin escepcion en las arenas oscuras, las que han favorecido este trabajo por tener poca dureza lo que facilita la construccion de ellas. Por el otro lado, las arenas oscuras tienen cierta consistencia de modo que las galerías no se obstruyen fácilmente por derrumbes.

Antes de la sedimentacion de las arenas oscuras i despues de la de las areniscas que forman la angostura de Chintaguai, debe haber existido una época de fuerte erosion, lo que puede deducirse del límite inferior de las arenas oscuras. En el perfil siguiente se ve, como éstas rellenan antiguas quebradas escavadas en las areniscas de la angostura i aún en la liparita misma.

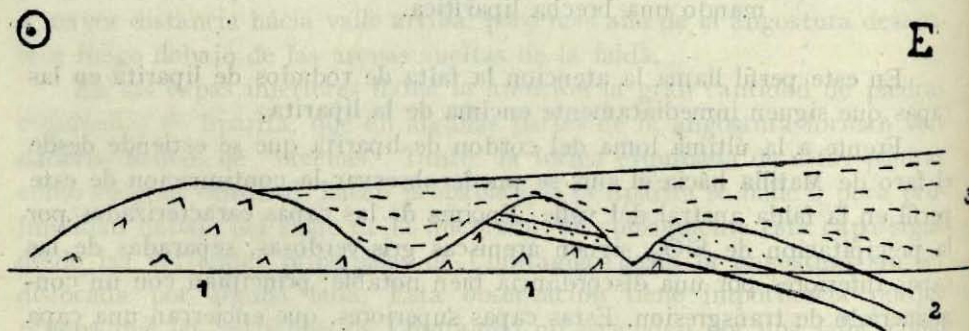


Fig. 6.—Perfil observado cerca de la Cocha de la Botijeria

- 3) arenas oscuras
- 2) «areniscas de la angostura de Chintaguai»
- 1) liparita.

La poca estension de las areniscas de la angostura en el perfil del valle, se debe tambien a una fuerte denudacion. El perfil siguiente, observado un poco valle arriba de las últimas casas de «El Valle» muestra la relacion entre estas areniscas i las arenas oscuras:

- c) arenas oscuras



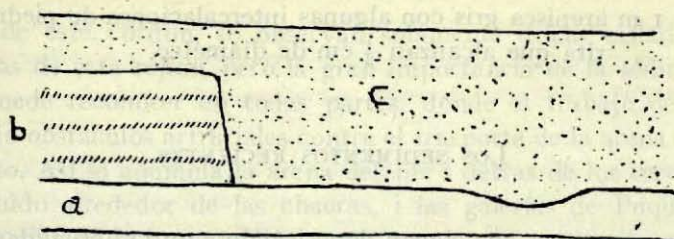


Fig. 7

b) alternacion de capas delgadas de arcillas blancas i de areniscas de grano grueso

a) arenisca gris de grano mediano.

En este perfil, las capas *a* i *b* pertenecen a las areniscas de la angostura i se ve la fuerte discordancia de erosion que separa estas capas de las arenas oscuras.

Intercaladas en las arenas oscuras se hallan a veces capas de arcilla que de vez en cuando tienen color blanco i consisten en caolina; el espesor de estas capas rara vez es mayor a 50 cm. Tales capas de arcilla se observan con frecuencia en las faldas del Valle de Chintaguai, pero tambien en las galerías de agua.

El perfil siguiente que muestra tales capas de arcilla intercaladas en las arenas oscuras, lo observé en la boca de la galería Puquio San Isidro.

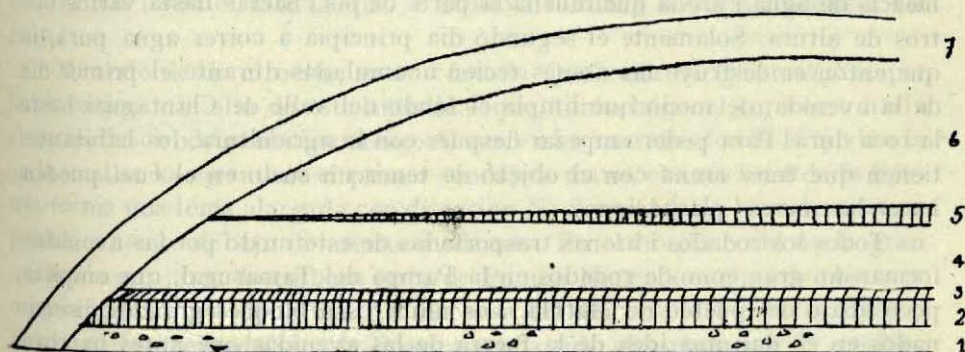


Fig. 8.—Perfil observado en la boca del Puquio San Isidro

- 7) 1,00 m arenas de grano mediano, siguiendo a la configuracion de la superficie
- 6) 4,00 » arenas grises oscuras
- 5) 0,01 a 0,40 m arcilla blanca
- 4) 1,80 m banco de arenisca gris, con numerosas raices de plantas
- 3) 0,20 » arcilla amarilla con numerosas raices de plantas
- 2) 0,30 » arcilla blanca

- 1) mas de 1 m arenisca gris con algunas intercalaciones de piedras de liparita que alcanzan  $\frac{1}{2}$  cm de diámetro.

### LOS SEDIMENTOS RECIENTES

Como sedimentos que siguen depositándose en la actualidad, debemos mencionar las arenas de orígen eólico i las arenas i rodados depositados por las avenidas que de vez en cuando bajan por la Quebrada de Quisma.

Las arenas movidas i depositadas por el viento en la quebrada descienden en mayor cantidad de la falda austral del valle, donde forman grandes acumulaciones que en parte estrechan el fondo del Valle de Chintaguai, como se puede observar especialmente en la rejion de las vertientes principales. En parte, estas arenas amenazan ya a las chacras situadas en el fondo del valle.

Pero tambien mas valle arriba del Salto de Chintaguai, las arenas movizas han bajado al suelo del cañon angosto de la Quebrada de Quisma i en parte han rellenado el fondo hasta varios metros de altura.

En vista de estas grandes masas de arenas sueltas existentes en el fondo del valle, se comprende la descripcion de las avenidas que me ha dado el cura de Pica, el señor *Luis Friedrich*. Las avenidas, que cada 20 a 40 años, bajan por la quebrada, principian por inundar el valle con una mezcla de agua i arena que rellena la parte de las chacras hasta varios metros de altura. Solamente el segundo dia principia a correr agua pura, la que entónces destruye las arenas recién acumuladas durante el primer dia de la avenida, de modo que limpia el fondo del valle de Chintaguai hasta la roca dura. Para poder empezar despues con la agricultura, los habitantes tienen que traer arena con el objeto de tener un suelo en el cual pueden hacer las nuevas plantaciones.

Todos los rodados i arenas trasportadas de este modo por las avenidas, forman un gran cono de rodados en la Pampa del Tamarugal, que empieza poco abajo del pueblo de Matilla. Los numerosos bloques grandes diseminados en él, dan una idea de la fuerza de las avenidas que ántes bajaban por la Quebrada de Quisma, pero que hace ya mas de 30 años no han vuelto a producirse.

Ademas de las arenas depositadas por el viento en los valles, existe tambien un largo cordón de dunas situado al norte de Pica. Empieza este cordón en la orilla oriental de la Pampa del Tamarugal i desde allá se estiende hácia el este, pasando por sobre el cordón liparítico del Cerro Longacho sin sufrir interrupcion alguna. La planicie de Pica está atravesada por las dunas en la rejion entre las galerías del Loreto i de San Bartolo.

Fuera de este cordón, se observan solamente dunas aisladas en las partes planas de esta rejión. pero la gran importancia de la sedimentación eólica se puede reconocer en todas partes, donde el trabajo del hombre ha levantado obstáculos artificiales contra el transporte de la arena efectuado por el viento. Así se acumula la arena delante i detrás de los cercos que se han construido alrededor de las chacras, i las galerías de Puquio Núñez están enterradas en la arena eólica.

Después de haber espuesto la jeología de la rejión de Pica según las observaciones hechas en el perfil del Valle de Chintaguai, debemos tratar los diferentes componentes jeológicos i tectónicos de esta rejión. Son los siguientes: el anticlinal del Salto de Chintaguai; el cordón del Cerro Longacho i algunas lomas liparíticas antepuestas a este cordón que se levantan de la Pampa del Tamarugal i al fin la planicie de Pica.

#### B) EL ANTICLINAL DEL SALTO DE CHINTAGUAI

Aunque en la rejión del Salto de Chintaguai debemos considerar la dislocación sufrida por la liparita como una flexura, especialmente si tomamos en cuenta toda la falda occidental de los Andes, podemos hablar sin embargo de un anticlinal, ya que la liparita muestra al occidente del Salto un fuerte manteo hácia el oeste i al oriente del mismo Salto una pequeña inclinación hácia el este la que se observa también a cierta distancia del Salto.

Mirando desde el oeste, se ve cómo la Quebrada de Quisma pasa por la elevación más alta de este anticlinal que, tanto hácia el sur como hácia el norte, desciende paulatinamente. Al sur, en los nacimientos de la quebrada en la cual se ha ejecutado el primer sondaje a mano, el anticlinal de la liparita forma una loma alargada con dirección N.-S. que hácia el sur desaparece paulatinamente debajo de arenas modernas. En el hondo corte de la gran quebrada seca, que desemboca cerca de Puquio Núñez, no se puede observar ningún indicio más de la liparita. A causa del descenso del anticlinal hácia el sur, en la quebrada seca la liparita no ha sido alcanzada por la erosión.

También hácia el norte, sigue el anticlinal i la liparita puede observarse en el camino que va desde Pica hácia el Salar del Huasco, en la primera loma que se levanta al oriente de Pica. Pero luego desaparece el anticlinal hácia el norte, de modo que en las quebradas que pasan más al norte, no se nota nada de la liparita; tampoco en la profunda Quebrada Seca que desemboca al oriente del Cerro Longacho.

C) EL CORDON DEL CERRO LONGACHO I SU CONTINUACION  
AL SUR DE MATILLA

Este cordon que en el Cerro Longacho se levanta a 1,620 m, tiene un largo mui considerable de N. a S., pero su composicion jeolójica no es uniforme. Puede seguirse desde el cerro mencionado hasta la rejion de Puquio Núñez.

Al oriente de la pequeña chacra de «La Calera», las arenas superpuestas a la formacion liparítica, que constituyen la gran zona de piedmont, cubren todas las capas mas antiguas, formando una altiplanicie inclinada hácia el oeste que supera en altura aún al Cerro Longacho. Por la erosion debida probablemente a un antiguo curso de agua de la Quebrada Seca, la que hoi dia pasa al oriente del Longacho, esta planicie ha sido destruida en su parte austral i baja con fuerte pendiente hácia el sur. Debajo de las modernas areniscas de la planicie, sale hácia el sur la capa liparítica que corre hácia el sur formando una ancha loma de unos 3 km de largo; de este modo se une la planicie situada al oriente de La Calera con el cordon del Cerro Longacho. Aunque no se puede observar el rumbo i manteo de la liparita, es probable que ésta forme allí un anticlinal mui suave. Al sur de este anticlinal se levanta bruscamente el Cerro Longacho formado de rocas fundamentales. Son éstas las capas descritas en el párrafo B, 1; tienen rumbo N.-S. i manteo de 25° E. En las faldas del cordon la liparita se apoya en las rocas mesozóicas, como se vé en el perfil siguiente:

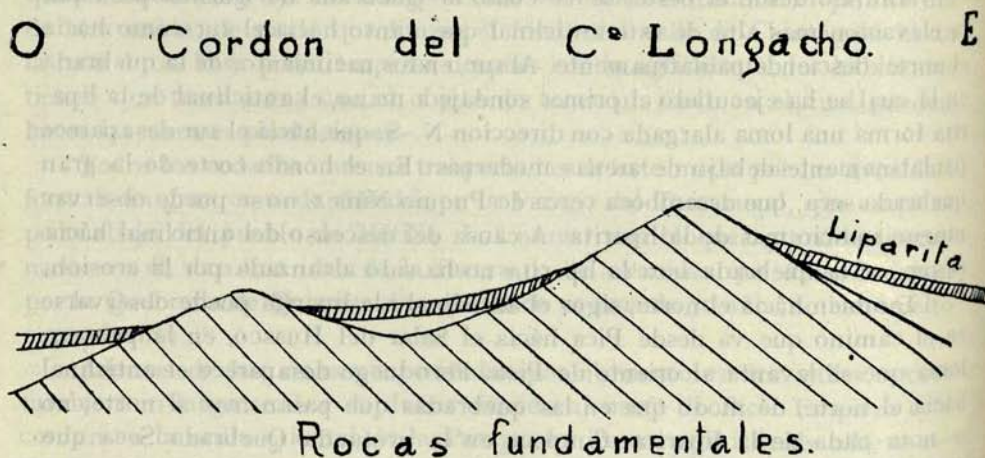


Fig. 9.—Perfil por el Cerro Longacho

Se nota en este perfil el mismo solevantamiento de la liparita que en el perfil de Sagasca (comp. Fig. núm. 1). La liparita aparece en esa rejion

especialmente en la variedad oscura, rica en vidrio volcánico. Pero también se encuentra la liparita de color café i también la variedad colorada. En algunos puntos se observa, debajo de las lavas una toba liparítica de color blanco.

Mas al sur, donde el camino de Pica a La Calera cruza el cordón del Cerro Longacho, éste ha perdido tanto en altura que la liparita pasa como capa continua por encima del cordón, formando un ancho anticlinal, parecido al que hemos observado al norte del Cerro Longacho. Debemos suponer que en la época en que se estendian las enormes corrientes de lavas liparíticas, la parte superior del Longacho se levantaba como isla encima del mar de lava.

La continuacion austral del cordón del Longacho no es como parece a primera vista, un solo cordón continuo; sino que consiste en varios pedazos desplazados unos respecto a los otros de tal modo que siempre la parte mas austral parece desplazada hácia el oriente. Esta estructura hace probable la existencia de varias fallas que atraviesan el cordón con direccion E.-O.

En las cercanías de Matilla, el cordón liparítico pasa al oeste de la galería i de la vertiente de Santa Cruz, sigue por el oeste del Sauque i alcanza el Valle de Chintaguai, al oriente del pueblo de Matilla. Al oeste de la vertiente de Santa Cruz baja una pequeña quebrada seca, en la cual se puede observar el manto de la liparita hácia el oeste. La galería de Billinghamst encontró la liparita en el piso i se puede observar la superficie irregular de esta capa encima de la cual se han depositado las arenas modernas. Al oriente de Matilla, la liparita forma el pequeño cordón en el cual están situados el «Faro» i el cementerio. La reparticion de la liparita en el Valle de Chintaguai ya ha sido descrita.

Al sur del valle siguen pequeñas lomas con la misma direccion de la del Cordón del Cerro Longacho, pero al principio las lomas están cubiertas de arenas modernas, de modo que no se puede saber de qué capa está compuesto el interior. Pero al occidente del camino de Matilla a Puquio Núñez, en el ancho valle seco en cuya parte superior se ha ejecutado el primer sondeo a mano, se notan numerosas piedras de liparita, lo que hace muy probable que a poca profundidad se halle la capa de liparita. Es la misma region donde se observan los restos de antiguas galerías de agua.

De allí siguen hácia el sur lomas alargadas en direccion N.-S., las que pasan al occidente de las bocas de las galerías de Puquio Núñez. Forman allí una serie de lomas oscuras, en las cuales una escavacion pequeña mostró que la capa superficial estaba compuesta esclusivamente de piedras de liparita, lo que hace suponer la existencia de la capa liparítica en el subsuelo.

La «Loma de Puquio Núñez» que se levanta al sur de la galería Puquio Hidalgo, parece estar constituida por rocas fundamentales. Una escavacion hecha en los escombros de la falda, proporcionó, fuera de liparita, piedras

de diorita i andesita. En comparacion con el cordon de liparita situado un poco mas al norte, la Loma de Puquio Núñez parece del mismo modo desplazada por una falla trasversal, como lo han sido los trozos del Cerro Longacho situados mas al norte.

#### D) LOMAS AISLADAS DE LIPARITA SITUADAS AL ESTE I OESTE DEL CORDON DEL LONGACHO

Al acercarse a Matilla por el camino que viene de Pintados, se nota al norte una serie de pequeñas lomas antepuestas al cordon del Cerro Longacho. Estas lomas consisten en tres cordones bajos, pero delgados en la parte superior, que tienen direccion N.-S. i que se componen de liparita. Hacia el norte, las tres lomas desaparecen debajo de las arenas modernas del gran cono de La Calera. Hacia el sur desaparecen de tal modo que el cordon mas occidental termina primero, despues el mediano i por último el mas oriental, que es el mas largo. A pesar de que la erosion no ha hecho ningun corte natural en estas lomas, lo que impide hacer una observacion directa, se trata probablemente de tres pequeños anticlinales de la liparita.

Un oríjen análogo debe tener una pequeña loma situada al oriente del Cordon del Longacho. Principia ésta un poco al norte de la galería del Loreto, pasa despues al oriente de la galería de San Bartolo i desaparece al fin ántes de llegar a la altura del Cerro Longacho.

#### E) LA PLANICIE DE PICA

La planicie de Pica principia en el norte como parte inferior de la Quebrada Seca que desemboca al oriente del Cerro Longacho, i se encuentra limitada al norte por la falda sur del gran cono de La Calera. Al sur termina, o mejor dicho, pasa a formar la superficie del gran cono de rodados i arenas que ántes ha sido depositado por la Quebrada de Quisma.

Toda la planicie está formada por las arenas oscuras, con escepcion de la loma liparítica que se levanta al norte de la galería del Loreto.

No habria por qué entrar a una descripcion detallada de esta planicie, si no fuera por algunas observaciones que indican una época no mui remota, de mayores precipitaciones atmosféricas. Al oriente del Cerro Longacho, un poco al norte de la galería de San Bartolo, se halla una pequeña depresion que está cubierta de numerosas placas delgadas de carbonato de calcio, que en su parte inferior contienen gran cantidad de impresiones de plantas, especialmente de cañas.

Tambien al sur de la desembocadura de la mencionada Quebrada Seca se hallan, en una planicie que no puede ser alcanzada por las avenidas de la quebrada, las mismas placas i, ademas, en pequeñas depresiones se observan esflorecencias de sal i en un punto una costra de yeso. Estos indicios demuestran que en una época mui reciente existió humedad en esa rejion i las esflorecencias salinas pueden ser una indicacion de que aún hoi dia talvez existe humedad a poca hondura; pero no sabemos si ésta proviene de agua bajo presion que pudiera ser aprovechada por sondajes.

Es interesante observar que en tales puntos con indicios de la existencia de humedad donde hoi no hai vejetacion alguna, se hallen numerosos pedazos de escorias, los que observé tambien en Puquio Núñez i en muchas partes vecinas a Pica. Parece que en la época de los españoles o anteriormente aún, existia vejetacion en estos puntos que fué aprovechada como combustible, para la fundicion.

DR. J. BRÜGGEN

(Continuará.)



## Seccion Informativa

---

### EL MERCADO DE MINERALES DE HIERRO (I)

No son muchas ni de importancia las ventas de mineral realizadas últimamente en Bilbao; pero en cambio la firmeza en los precios es mui grande, i los mineros en jeneral se niegan a ceder sus productos si no es a precios verdaderamente extraordinarios.

Las diferencias habidas por cuestion de jornales entre patrones i obreros mineros se han solucionado a satisfaccion de ámbas partes. La huelga, pues, parece por ahora alejada, i decimos por ahora, porque si bien no existe motivo alguno para temerla, no falta, sin embargo, quienes creen que, al fin, se ha de encontrar el pretesto que se busca para así plantearla.

El Gobierno ingles, en su última decision de 28 de Junio, se obstina en no aumentar el precio tipo de compra que tiene señalado para los minerales de Bilbao, i todavia no llegamos a comprender cómo dentro de ese

(1) Del Boletin Oficial de Minas i Metalurjia. Madrid, Junio, 1918.

precio han podido realizarse algunas compras a los precios tan elevados como se han pagado.

Se tienen noticias de que las fábricas inglesas se hallan, por ahora, bien surtidas de mineral; sobre todo las del Tees, que han recibido enormes cantidades de mineral de clase magnética de Suecia, i que, además, no les es difícil el comprarlo a precio mas bajo que los de Bilbao en otros mercados. Las fábricas de Gales se hallan también bien surtidas, i de alguna de ellas sabemos que tiene mas de 100,000 toneladas en stock.

Quizá sea ésta la razón por la cual el Gobierno inglés no ha subido sus precios de compra en Bilbao, i esto ha de ser, seguramente, la causa de que no se realicen ventas si los mineros no ponen sus precios mas en contacto con la realidad.

Del mineral rubio primera i de buena condición mecánica conocemos la venta de 5,000 toneladas a 25 pesetas la tonelada. Del mineral lavado de primera, bueno para mezclas, con mas de 55 por 100 de hierro, se han vendido 2,000 toneladas a 30 pesetas la tonelada. Del mineral rubio de segunda se han vendido 10,000 toneladas a 19 pesetas. De carbonato conocemos la venta de 5,000 toneladas a 22 pesetas.

Todos estos precios son franco a bordo *telquel*.

La escasez en jeneral de mineral es notoria, i, sobre todo, los carbonatos abundan poco; pues los mineros se abstienen de arrancar i calcinar esta clase de mineral por la escasez i carestía del carbon.

El mineral embarcado por los puertos de Bilbao i Castro durante el mes de Mayo del quinquenio último fué:

BILBAO					
Años	1914	1915	1916	1917	1918
Toneladas.....	164,942	236,136	189,508	203,409	218,305

CASTRO					
Años	1914	1915	1916	1917	1918
Toneladas.....	21,224	32,555	45,100	50,000	53,799



## UN IMPUESTO SOBRE EL HIERRO BRUTO

Segun el *Diario del Rhin y de Westfalia*, se celebró en Berlin una reunion de representantes del Tesoro, de la industria i de los grandes negocios del hierro, para discutir el proyecto gubernamental de establecer un impuesto sobre el hierro bruto. Este impuesto será de 10 marcos por tonelada, i como la produccion anual se estima en 20 millones de toneladas, facilitaria al Tesoro imperial 200 millones de marcos por año.

## EL GRAFITO EN LA ALEACION ANTIFRICCION

Se ha puesto a la venta una nueva aleacion antifriccion, fabricada impregnando el grafito con metal fundido, bajo presion hidráulica. Por este procedimiento, las escelentes cualidades lubricantes del grafito se combinan con la resistencia del metal. Se afirma que en las pruebas verificadas, la aleacion así formada posee todas las propiedades deseables en la mecánica.

Los soportes fabricados con esta nueva aleacion, significan un gran progreso científico. En Inglaterra se la conoce con el nombre de «Graphalloy».

## REFINACION DEL CARBON PARA SUSTITUIR LOS ACEITES MINERALES ESTRANJEROS EN ALEMANIA

En una Memoria pericial últimamente publicada, se explica el procedimiento i se hace resaltar la importancia del nuevo método para aprovechamiento de carbon i fabricacion de bencina.

Amplios ensayos hechos principalmente durante la guerra han demostrado que, quemando a fuego lento o gasificando lignito a temperatura relativamente baja, se obtiene breas que contiene ya algunos derivados similares a la nafta, de los cuales se obtienen ciertos aceites para usos industriales.

Tiene una importancia especial esta breas de lignito obtenida a bajas temperaturas, porque sirve de base para la fabricacion de productos iguales a los destilados de la nafta, consiguiéndose así, debido a estos modernos procedimientos, producir la bencina i la parafina, es decir, precisamente aquellas esencias cuyo consumo crecerá de modo extraordinario despues

de la guerra, a medida que aumente el uso de motores i vehículos para la industria i la agricultura, i mucho mas toda vez que estos derivados no difieren ni física ni químicamente de los mismos productos orijinales que se obtienen de las naftas naturales.

Se puede decir que por el descubrimiento de estos aceites sintéticos se ha abierto un campo enteramente nuevo i de una importancia extraordinaria en el ramo de combustibles, considerando que por los nuevos procedimientos se obtienen estos productos de una pureza mucho mayor que la de los derivados de nafta natural i en una proporcion mui diferente, comparada con los aceites naturales.

Como se han dado a conocer a la industria estos nuevos sistemas en fecha mui reciente, se comprende que no se podrá disponer de grandes cantidades de brea de lignito para estos fines en seguida, necesitándose importantes capitales para la instalacion de fábricas i gasificadoras en escala necesaria.

Con objeto de facilitar el camino i continuar los trabajos, se ha agregado un Instituto de Esperimentacion de lignito a la Academia Técnica de Charlottenburgo, para el cual el Ministerio de Fomento de Prusia facilitará terrenos adecuados, habiéndose suscrito con este fin 750,000 marcos por la industria i el comercio.

#### EL SINDICATO ALEMAN DE POTASA

En la Junta Jeneral de este Sindicato, la Direccion del mismo ha dado cuenta de que las ventas en 1917 ascendieron a 10.042,000 quintales métricos, contra 8.863,000 en 1916 i 11.103,000 en 1913, habiéndose aumentado el número de las minas en esplotacion de 207 a 209.

Las necesidades de la agricultura alemana en sales potásicas han subido a mas del doble, comparado con el año 1913, en el cual se vendieron a la agricultura 5,3 millones de quintales métricos de potasa pura, habiendo así rebasado en 1917 considerablemente la produccion. A los paises neutrales fueron esportados, en primer lugar, abonos potásicos al 20, 37 i 38 por 100, por 130,600 quintales métricos en total.

El Sindicato se queja de la insuficiencia de los aumentos de precio que le fueron autorizados, los cuales llegan solamente al 30 por 100 en los cuatro años de guerra, cuando apénas hai artículo industrial ni ninguno agrícola que en 1917 pueda adquirirse pagando solamente el 30 por 100 sobre los precios que rejian ántes de la guerra.

## SUSTITUCION DE LOS METALES EN ALEMANIA

A fin de restringir el consumo alemán de cobre, níquel i estaño, se adoptaron desde 1916 medidas cada vez mas eficaces. Para ahorrar cobre la Electrotecnia utilizó en la fabricacion de cables, trasformadores, electrómetros i otros materiales, metales sustitutivos i de aleacion. Fué de suma importancia el reemplazo de los alambres conductores de cobre por alambres de hierro i zinc, empleándose para cada aisladora seda artificial o papel saturado con un barniz aislador.

Lo mismo en la Electrotecnia que en la construccion de máquinas i buques, cuyas industrias consumieron en tiempos de paz grandes cantidades de cobre, han dado un buen resultado las aleaciones de zinc con 4-5 por 100 de cobre i 2-3 por 100 de aluminio. Utilizándose tambien estos nuevos productos en todas las demas industrias, ahorrándose así grandes cantidades de cobre i níquel.

Al mismo tiempo que para el cobre, era preciso encontrar un sustitutivo del estaño en las aplicaciones de este metal para cojinetes, laton i soldaduras. En sustitucion de las aleaciones de estaño al 70-80 por 100, que son imprescindibles en las industrias de guerra, para los cojinetes se usan aleaciones de zinc i otras de calcio i plomo. Con el fin de reducir el consumo de la hojalata, a pesar de las grandes necesidades de la misma para botes de conservas, se emplean con gran éxito otros metales, i tambien barnices de composicion especial. Para soldaduras se ha encontrado en el cobalto un sustitutivo perfecto. La industria se ha visto obligada, con el fin de ahorrar el consumo del cobre para soldaduras, a evitar éstas en todo lo posible, remachando, encajando, etc., los metales que habrian de soldarse.

Tambien la industria mecánica de artículos finos ha puesto en uso materias sustitutivas con tal éxito, que en muchos casos los conservará tambien despues de la guerra. El zinc, en sustitucion del laton, ha tomado una importancia extraordinaria, haciéndose gran uso de este metal para la hojalata, tubos i fundiciones. El aspecto exterior brillante que tenian ántes los objetos hechos de laton por la industria mecánica i artículos finos, se ha cambiado hoi por un tono oscuro negro mate, i tambien de un gris mate, pero sin que su aspecto poco vistoso varíe la calidad de los objetos fabricados.

## NEGOCIOS MINEROS

La Legacion de Bélgica comunica que el 14 de Junio de 1918 se ha constituido en Paris, con el concurso del Gobierno belga, una Sociedad

Comercial denominada «Comptoir National pour la Reprise de l'Activité Economique en Belgique» (Société Coopérative).

La Sociedad tiene por objeto la compra, por cuenta del Estado belga o de industriales i comerciantes, de materias primas para la industria así como de toda clase de mercaderías.

El «Comptoir» trabaja bajo el control del Gobierno belga i cuenta con el apoyo financiero del mismo.

Las casas comerciales establecidas en Chile que deseen hacer ofertas de venta al «Comptoir» deben mandar directamente sus propuestas en triplicado i por correo certificado a la sede social de la Sociedad, 15 Rue Louis le Grand.—En Paris

\* \* \*

Las personas interesadas que desearan obtener mayores datos pueden dirigirse a la Legacion de Bélgica en Santiago (calle Claras 447), o al Consulado de Bélgica en Santiago, Valparaiso, Punta Arenas i Talcahuano.

#### COMERCIO SUECO DE HIERRO EN 1917

La esportacion sueca de hierro en 1917. Segun el Cónsul Jeneral en Estocolmo mostró un aumento de 135,184 toneladas con respecto a la del año anterior. El total ascendió a 5.702,808 toneladas. Además se esportó hierro elaborado en diferentes formas en una cantidad de 495,701 toneladas, inferior en 77,808 toneladas del total correspondiente a 1916. La importacion de hierro disminuyó de 201,879 a 102,006 toneladas.

Los resultados jenerales del comercio del hierro del año fueron satisfactorios aunque las ganancias se redujeron considerablemente.

La produccion de hierro de este año comparada con la correspondiente al año 1916 fué:

	1916	1917
Lingotes de hierro.....	749,092 tons.	837,184 tons.
Lingotes Bessemer.....	77,012 »	78,130 »
Lingotes Martin.....	533,900 »	497,332 »

En Diciembre próximo pasado trabajaron 21,104 hornos de fundicion, superior sólo en nueve al número de hornos que estuvieron en trabajo el mismo mes del año 1916

## PRODUCCION DE PETRÓLEO EN ARGENTINA

Los campos petrolíferos de Comodoro Rivadavia han aumentado constantemente su producción desde el año 1911 como lo indican los siguientes datos tomados de las Estadísticas Comerciales de la vecina República.

## PRODUCCION:

En 1911.....	1,920 tons.
» 1912.....	6,850 »
» 1913.....	19,050 »
» 1914.....	40,530 »
» 1915.....	75,900 »
» 1916.....	116,000 »



## La industria del plomo i sus recientes progresos

I. JENERALIDADES.—Nos proponemos esplanar las tendencias modernas de la metalurgia del plomo, tanto en Francia como en el extranjero, i esponer los nuevos resultados obtenidos en esta materia durante los últimos años i en particular desde 1914.

La metalurgia del plomo, tal como se considera a la hora actual en la mayoría de los casos, lleva consigo, aparte de la extracción i de la concentración mecánica de los minerales, que son del dominio de la minería, tres operaciones: calcinación i aglomeración de los minerales; fusión de los minerales tostados para la obtención de plomo de obra (que colecta los metales preciosos); afinado i desplatación (o des-aurificación) del plomo de obra.

A. *Calcinación aglomerante*.—Tiene por objeto transformar los minerales molidos, finos, i jeneralmente *sulfurosos*, en masas oxidadas, mas o ménos gruesas, apropiadas para ser fundidas en horno de cuba. Esta operación

se efectúa en aparatos de gran capacidad bajo la influencia de una corriente de aire que atraviesa el mineral, cuyo azufre sirve de combustible.

Tres de los procedimientos recientes se han desarrollado, teniendo cada uno de ellos un campo de acción bien definido: el procedimiento Huntington-Heberlein i el procedimiento Savelsberg que emplean convertidores *soplados*, i el procedimiento Dwight-Lloyd que utiliza un convertidor continuo *aspirados*.

En jeneral, resulta ventajoso realizar al mismo tiempo la incorporacion al mineral de la mayor parte de los elementos de la escoria que se obtenga en el horno de cuba. Si se tiene una instalacion bastante amplia, hai tambien interes en llegar a obtener la autofusibilidad del mineral calcinado, en medida tal que no perjudique ni la aglomeracion ni la desulfuracion.

*B. Fusion en horno de cuba.*—Es una fusion reductora en horno de viento inyectado (siendo el cok el combustible) de las masas oxidadas de la calcinacion. La operacion dará:

a) Una escoria, próxima a un singulosilicato, que debe ser bastante fluida i tan pobre en plomo como sea posible; esta escoria está formada por la ganga del mineral unida a los fundentes;

b) Un plomo de obra, colector de los metales preciosos (*Ag, Au*) i de las impurezas del mineral (*S, As, Sb*, un poco de *cobre*);

c) Una cierta proporcion de *mata*: sulfuro complejo de hierro, plomo i zinc, en la que se reune la mayor parte del cobre del mineral.

Se busca constantemente rebajar la produccion de esta mata, cuyo tratamiento ulterior es dispensioso, salvo en el caso en que sea mui rica en cobre. La cantidad de mata producida es mui superior a la necesaria para la recuperacion del cobre.

*C. Afino del plomo de obra. Desplatacion.*—Es un conjunto de operaciones destinadas a desembarazar sucesivamente al plomo de obra de sus impurezas (*Ag, Au, Sb, Cu, As, S*) asegurando la recuperacion de las que entre ellas tienen un valor comercial.

*Sb* es eliminado por oxidacion, en estado de escorias de antimonio de plomo; lo mismo ocurre con el *S* i el *As*.

*Cu* es separado por fusion bajo forma de escorias plumbo-cobrizas.

*Ag* i *Au* son a continuacion retiradas del plomo por medio del zinc mediante el procedimiento Parkes (el patinsonage sólo se usa para un plomo de obra mui rico en bismuto). Durante el zincage, *Ag* i *Au* se reunen bajo forma de aleacion con el *Zn* i un poco de *Pb*; esta aleacion, sólida a la temperatura de la operacion, es retirada del plomo en tratamiento, que permanece líquido i contiene todavia zinc que se elimina por una nueva oxidacion para obtener el *plomo dulce del comercio*.

Los diversos subproductos dan lugar a tratamientos especiales:

a) Las escorias de antimonio de plomo, refundidas en horno de cuba, dan el *plomo antimonial del comercio*.

b) Las escorias plumbo-cobrizas, agregadas a otros productos similares, dan matas ricas en cobre, que son tratadas en convertidor por *cobre negro* i sirven para la fabricacion del *sulfato de cobre*.

c) La aleacion triple arjentífera (o aurífera) sigue el camino conocido destilacion, copelacion, que da por resultado la *plata fina*. Estas operaciones secundarias dan nuevos subproductos (litarjirios, escorias) que vuelven a recorrer el ciclo jeneral.

II. PRÁCTICA ACTUAL DE LA METALURJIA DEL PLOMO.—Dos tendencias jenerales dominan en este momento en las diferentes fases de la metalurjia del plomo.

a) *Aumento de las dimensiones de las unidades de trabajo*.—Se manifiesta por el aumento de capacidad de los convertidores, de las calderas de desplatacion, etc., i por consiguiente, de las dimensiones de los hornos de cuba. La progresion es hasta el presente continua.

Sin embargo, en una importante fábrica en construccion se vuelve a un tipo de horno de cuba mas reducido. Los inconvenientes de las grandes unidades (cuyas ventajas son evidentes) es representar una porcion mui importante en el conjunto de la esplotacion. La fluctuacion de su marcha afecta inmediatamente a la marcha de la fábrica entera. Las dificultades de construccion i reparacion crecen tambien mucho con las dimensiones. En fin, con unidades grandes es mas difícil de conducir el trabajo de un modo preciso, que con unidades mas pequeñas.

b) *Desarrollo de la alimentacion mecánica de materias, sustituyendo a la mano de obra*.—El interes de esta sustitucion es múltiple; economía de tratamiento, mayor facilidad para el reclutamiento de la mano de obra, disminucion de la importancia del elemento obrero en la fábrica, lucha eficaz contra el saturnismo.

En todas partes donde la topografía del terreno se presta a ello, se utiliza la disposicion escalonada (*o en cascada*) que utiliza la gravedad para los trasportes interiores intermedios, colocando en el orjén una sola instalacion mecánica que eleva todas las materias a tratar al nivel mas alto de la fábrica. Allí donde la gravedad no basta, se emplea, en vez del vagon Decauville, vagonetas sobre carril suspendido, o bien correas o transportadores.

Se evita el moldear el plomo en galápagos para su transporte de un taller a otro, cuando es posible su transporte en calderos al estado líquido.

Todas estas cuestiones han sido estudiadas i perfeccionadas en los Estados Unidos en donde el problema de la mano de obra ha existido siempre; la aplicacion de los mismos procedimientos será en otras partes el remedio a males análogos.

A. *Calcinacion i aglomeracion*.—La doble tendencia señalada se manifiesta netamente en esta fase.

a) *Convertidores*.—Sea en el procedimiento Savelsberg (tratamiento directo de la carga cruda), sea en el procedimiento Huntington-Heberlein (calcinacion previa en horno rotativo), los convertidores han visto crecer su capacidad, de 1 a 1,5 toneladas al principio, a 10 i 12 toneladas en la actualidad.

La forma rebajada no ha prevalecido; se han obtenido tambien buenos resultados con convertidores hemisféricos o de forma ménos abierta todavia. La parrilla, pieza delicada de desgaste rápido, es en éstos menor.

Para hacer jirar los convertidores i para el troceo de los panes aglomerados, se ha conservado en Europa la antigua disposicion de báscula *in situ*, por medio de tornillo sin fin o por otros procedimientos. En el caso de una gran serie de convertidores, la era destinada al troceo de los panes se estiende a todo lo largo de esta serie con todos sus inconvenientes: dispersion de los medios mecánicos de quebrantado i produccion de polvo en todo el taller.

Una composicion juiciosa de las cargas pudiera evitar la produccion de un aglomerado demasiado coherente o demasiado friable.

En América se concentra estas operaciones en una parte especial del taller; una grua puente se desplaza por encima de los convertidores i los coje, terminada la accion soplante, para conducirles encima de una era de troceo donde se vierten.

b) *Aparato Dwight et Lloyd*.—El aparato continuo Dwight et Lloyd predomina hoi dia en los Estados Unidos en donde reemplaza a los convertidores.

Segun A. S. Dwight, de las 25 fundiciones de plomo existentes en 1916, en los Estados Unidos, Canadá i Méjico, 15 marchaban con el *D. L.* (Dwight Lloyd) sólo; 8 con el *D. L.* i con el convertidor *H. H.* (Huntington-Herberlein) i 2 solamente con el *H. H.* sólo. El tipo primitivo, aparato tambor, de pequeña produccion no se ha estendido. El aparato aleman circular de Schlippenbach no se ha introducido en Francia, en donde se han comprobado sus inconvenientes: órganos demasiado delicados i complicacion de marcha, atasque rápido, dificultad de extraccion del producto (que ha conducido al inventor a modificar su aparato) sin que hayan encontrado ventajas sobre el tipo rectilíneo (*straight line machine*) que ha demostrado en los Estados Unidos su valor.

Fuera de sus aplicaciones a los productos siderúrgicos o cupríferos, el empleo de la máquina *D. L.* se ha estendido enormemente. Se ha llegado a hacer su *standardisation*. La parte útil de la mesa (1,07 × 6,70 m.) puede dar en el tipo normal hasta 200 toneladas de aglomerado en veinticuatro horas; las piezas son intercambiables.



c) *Hornos de calcinacion.*—La calcinacion preliminar de la carga con eliminacion al ménos de la mitad del azufre, es usada en el procedimiento *H. H.* i a veces en el procedimiento *D. L.*

En Europa se emplea el horno *H. H.* derivado del tipo Brunton, de solera única rotativa i de raederas fijas; el diámetro de la solera ha sido llevado hasta 9 metros, lo que ha duplicado la produccion que puede llegar a 60 toneladas en veinticuatro horas.

En los Estados Unidos, hornos de soleras múltiples i de raederas móviles (hornos Wedge) han suplantado a los hornos del jénero Brunton o Godfrey análogos al horno *H. H.* Segun parece, tienen, desde el punto de vista de consumo de combustible, una marcada ventaja. Su mayor complejidad de construccion i la multiplicidad de los órganos móviles deben hacer delicada su aplicacion al mineral de plomo, espuesto a un principio de fusion, que seria, luego un inconveniente para los hornos Wedge.

Para la alimentacion de materias, se adoptan, hoi dia, las vagonetas de rieles suspendidos i las correas trasportadoras, así como trasportadores aéreos de diversos tipos para llevar el mineral a las tolvas de alimentacion. Las mezclas se hacen mecánicamente, si es necesario (mezclador Rapps).

En Europa las cargas se verifican por pequeñas unidades pesadas en la báscula.

En América, donde las cantidades son grandes, el automatismo en la preparacion de las cargas ha sido llevado mucho mas léjos. Todos los ingredientes de la carga (mineral, caliza, pirita tostada, etc.) están almacenados en silos-tolvas cuyo fondo está cerrado por una correa trasportadora; regulando, por medio de una compuerta, el orificio de salida, se fija el consumo de cada una de estas correas que vierten sus productos en una gran correa colectora. Esta última conduce la carga al lugar de su empleo.

Se determina así, de manera precisa i continua, la composición de la carga, sin emplear básculas.

Ademas, la alimentacion se hace con tornillos trasportadores de gasto regulable. Se procura evitar siempre el tener almacenado mucho tiempo el mineral tostado, por ser mui sensible a las influencias atmosféricas. Para evitar la produccion de menudos, se suprime toda manipulacion inútil.

B. *Fusion.*—El aumento de las dimensiones del horno de cuba, el perfeccionamiento de los sistemas de alimentaciones mecánicas que se emplean, son todavia una cuestion de actualidad. El tipo de horno empleado hoi dia es el horno americano de *water jackets*; no se discute sino sus dimensiones.

Se sabe que el antiguo horno cuadrado de ladrillo, de colada intermitente, ha sido suplantado por el horno redondo de colada continua del

plomo (sifon de Arents) cuyo diámetro se ha aumentado hasta 2 i 3 metros. Parece ser que 2 metros de diámetro es la mayor dimension *práctica*.

Para aumentar la seccion del horno en las toberas, se le ha hecho elíptico i despues se ha llegado a los hornos rectangulares i estrechos de hoy dia.

A la metalurjia del cobre se debe los perfeccionamientos aportados al horno de cuba. El *water jackets* de plomo de toberas amovibles alcanza hoy dia 1,12 x 5,48 metros en las toberas i puede fundir mas de 250 toneladas de materias cada veinticuatro horas.

La colada de la escoria es enfriada por circulacion de agua; una boquilla de forma especial que impide al viento del horno escaparse, permite hacerla continua.

La tendencia mas reciente en América, es exajerar la altura de los *water-jackets* que pueden llegar a constituir toda la cuba del horno.

El enfriamiento de las partes superiores de la cuba impide la formacion de atascamientos, o al ménos hace mas sencillo deshacerlos. Se reduce tambien la duracion de las paradas para desatascar el horno i reconstruirle.

El modo de carga tiene gran importancia para la buena marcha del horno. En Europa han estado rebeldes los fundidores a la carga *automática* del horno de plomo, a la cual se prefiere la carga *inteligente* por vagonetas, vijilada por un cargador.

En América se emplean vagones cargadores de superficie igual a las de la seccion superior del horno i que abriéndose por el fondo dejan caer una carga completa de 6 toneladas a lo mas. Los diversos constituyentes de la carga son dispuestos en los vagones cargadores en el mismo órden en que deben encontrarse colocados en el horno. El llenado del vagon cargador se efectúa automáticamente por correas trasportadoras que parten de los silos-tolvas. El peso se efectúa en el mismo vagon que forma unas báscula de palanca múltiple. Un solo hombre asegura el trabajo de pesado i de confeccion de la carga; despues el vagon-cargador va eléctricamente al tragante del horno, donde deja caer su carga.

Para obtener con este carga-mecánico una distribucion conveniente de los gruesos i los menudos, se emplean a veces *repartidores*: especie de tejadillos de dos vertientes colocados, segun el eje mayor de la seccion del horno, en su parte superior; las dos pendientes sobre las cuales rueda la carga están formadas por parrillas que dejan pasar los menudos. Para la colada del plomo, existen algunas disposiciones mecánicas bastante prácticas.

En la manipulacion de la mata i de la escoria en lugar de los grandes antecrisoles fijos de mampostería, se emplean antecrisoles móviles de hierro colado, de 3, 4 o mas toneladas, que se reemplazan una vez llenos de mata. Así se evita que se aglomere.

La escoria desembarazada de mata pasa a ser, segun los casos, bien

granulada (tierra de relleno), bien enfriada en bloques (para cimientos), o bien echada líquida al depósito de crasas. En este último caso la escoria deja en el caldero una costra sólida muy rica en plomo; las costras, por consiguiente, se vuelven a pasar. Por estudios i experiencias recientes se ha llegado, sin embargo, a despreciar esta parte de las escorias a causa del gasto en cok. En el horno de reverbero Iles, para la decantación de la escoria, ésta es mantenida líquida a la salida del antecrisol, en donde abandona los últimos indicios de mata que pueda contener.

C. *Afino i desplatacion*.—Hace veinte años, la unidad de desplatacion, la caldera no excedía de 20 toneladas con horno de refinó en proporción; hoy día, lo regular es la caldera de 60 toneladas; en Chicago del Este, la *International Lead Refining Co.* ha establecido calderas de 400 toneladas i hornos de afinó de 300 toneladas.

Los hornos para el refinó previo, son mayores que las calderas que ellos sirven, a fin de que quede siempre, sobre su suelo, una capa de plomo fundido que les proteja contra los choques cuando el plomo es cargado en galápagos.

Es mas ventajoso fundir los galápagos en una caldera de carga colocada delante del horno i que permita el descubrizado del plomo, o bien trasportar el plomo líquido en calderos.

Los hornos de refinó tienen hoy día water-jackets en sus paredes verticales.

En el zincaje se han hecho automáticas i mecánicas la incorporación del zinc i el removido i tambien la liquidación de la aleación triple que se efectúa con la prensa hidráulica de Howard.

La destilación de la aleación triple para recuperación del zinc se efectúa en hornos de gasógeno, en donde se carga una tonelada o mas de aleación.

CONDENSACION DE LOS POLVOS I DE LOS HUMOS.—La cuestión de la condensación de los humos es siempre muy discutida; todos los sistemas siguen aplicándose. Se clasifican de la manera siguiente:

a) Por acción atractiva del frotamiento.

Galerías i conductos..... { 1. De sección libre.  
2. De hilos metálicos suspendidos.

b) Por cambio de velocidad (cámaras).

c) Por enfriamiento { 1. Por aire.  
2. Por agua.

d) Por filtración { 1. *Bag-house*.  
2. Filtro de amianto.  
3. Filtro de arena.

e) Por precipitacion eléctrica (Cottrell).

2.º PROCEDIMIENTOS QUE TIENEN POR OBJETO LA RECUPERACION DEL AZUFRE:

a) Utilizando el ácido sulfuroso de la calcinacion para la preparacion del ácido sulfúrico.....

{	1. Por el procedimiento de cámaras.
}	2. Por el procedimiento de contacto

b) Procedimiento Young denominado *thiogen process*.

c) Procedimiento Hall.

Los dos últimos procedimientos no han recibido aplicacion en la industria del plomo. Se ha recuperado el azufre de mineral bajo forma de azufre metaloidico. Hablaremos de esto despues.

Se ha mejorado la eficacia de los conductos de seccion libre i de las cámaras, suspendiendo en ellos gran número de hilos metálicos que crean superficies de atraccion (Great Falls-Montana).

Los procedimientos de condensacion por agua han obtenido poco éxito; el agua juega tambien un papel mecánico en la precipitacion de las partículas. Se ha ensayado la inyeccion de agua en el ventilador, la distribucion en forma de lluvia en las cámaras, el derrame en una torre que la mezcla gaseosa atraviesa de abajo a arriba; todos estos procedimientos dan *lodos* que exigen vasijas de decantacion incómodas. Ninguno de ellos ha prosperado en Europa.

En América, la unificacion se ha hecho mediante el empleo de *bag-houses* o cámaras de sacos filtrantes, de algodón o de lana.

En Europa, la filtracion ha sido igualmente aplicada a la condensacion de los humos; a veces se han reemplazado los sacos de algodón i de lana por amianto, bajo forma de una red de hilos estendidos sin tejer (filtros Fichter). Se ha preconizado tambien el filtro de arena silicia resistente a los ácidos.

e) *Precipitacion eléctrica Cottrell*.—El desarrollo del procedimiento Cottrell es digno de señalarse particularmente. Se sabe ya que consiste en someter a los gases cargados de polvos a la accion de un campo eléctrico de pequeña intensidad creado bajo una diferencia de potencial mui elevado entre dos electrodos que son en la práctica: un hilo de acero (electrodo de descarga) tendido en el eje de un tubo metálico, i el otro (electrodo de depósito) este mismo tubo. Los gases a tratar, circulando en el tubo, atraviesan el campo (descarga *corona*) i las partículas en suspension cargadas eléctricamente son repulsadas sobre el electrodo de depósito, en donde caen. Se emplea una corriente alterna de alta tension i diferencia de potencial que alcanzan 100,000 voltios con tubos de 25 i 40 centímetros de

diámetro. En Anaconda se llega hasta tensiones de 240,000 con tubos de 1,20 metros de diámetro.

Las primeras aplicaciones del procedimiento Cottrell se han hecho en las fábricas de cemento, cerca de Anaconda, para el tratamiento de los gases de convertidores de cobre. Su aplicación a la industria del plomo es más reciente; presenta la ventaja de que los gastos de primera instalación son menores y el carácter ácido de los gases no es para ello un inconveniente. En fin, el recojido de los polvos puede hacerse diariamente. Por el contrario, el consumo de energía eléctrica es de 0,7 a 1,4 kilovatios por 100 m.<sup>3</sup> de gas por minuto. Entre las fábricas de plomo que emplean este procedimiento pueden citarse:

Northport Smelting and Refining Co., Northport.

Consolidated Mining and Smelting Co., Trail (British Columbia).

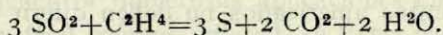
International Smelting and Refining Co., Troole (Utah).

Bunker Hill, de Bradley-Kellog (Idaho).

3.º *Recuperación del azufre*.—La proporción de los gases en ácido sulfuroso no es suficiente para que la transformación en ácido sulfúrico se imponga, bien desde el punto de vista mercantil, bien desde el punto de vista de la salubridad.

A veces, con minerales muy sulfurosos puede llegarse a la producción de ácido sulfúrico. El aparato de Dwight-Lloyd permite, mejor que los convertidores, impedir las entradas de aire. En Stolberg (Alemania), el ácido sulfuroso de los aparatos Dwight-Schlippenbach, da anhídrido sulfúrico por el procedimiento de contacto.

En América, donde el ácido sulfúrico tiene poco valor, se ha tratado de obtener, partiendo de los gases de la calcinación, de los minerales de *cobre*, azufre de un valor más elevado, con un peso menor. En el procedimiento Young, los gases de la calcinación son tratados por un carburo de hidrógeno (gas de petróleo) en presencia de una sustancia de contacto (sulfuro de calcio.) La reacción es:



Los detalles de aplicación son delicados como en todos los procedimientos de contacto.

El procedimiento Hall hace intervenir los hidrocarburos con el vapor de agua, en el mismo horno de calcinación, creando así una atmósfera neutra.

E. *Desplatación electrolítica*.—El procedimiento Betts, ya antiguo, es clásico. Su fusibilidad industrial está unida al bajo precio de la energía eléctrica o a las condiciones locales, tales como la presencia del bismuto

que se elimina así fácilmente. Fuera de estos casos especiales, las fábricas recientemente creadas han adoptado el procedimiento Parkes, de grandes unidades, en donde se recupera la casi totalidad del zinc empleado como reactivo.

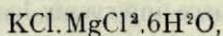
*Continuará.*

## La industria del magnesio <sup>(1)</sup>

Antes de la guerra, la casi totalidad del magnesio consumido en el mundo provenia de Alemania. Hoi dia, los aliados han logrado fabricar casi todo el magnesio que necesitan. En los Estados Unidos es donde esta metalurgia, bastante especial, ha tomado el mayor desarrollo. En 1916 se han producido 35,000 kilógramos, en 1917 60,000 kilógramos, i el precio del kilógramo se ha abaratado en dos años de 50 francos (al comienzo de 1916) a 18 francos (a fin de 1917). Este último precio es, con poca diferencia, el que tenia el magnesio importado de Alemania poco ántes de las hostilidades. Cinco sociedades se dedican hoi en los Estados Unidos a esta fabricacion, que parece al presente bastante consolidada; muchas fábricas que la habian emprendido en 1915, para satisfacer directamente sus propias necesidades, la han abandonado en 1916 o 1917, en beneficio de dichas cinco empresas, que mejor equipadas, les suministran mas barato todo el magnesio necesario a sus fabricaciones. El *Metallurgical and Chemical Engineering*, del 15 de Marzo, trata del desarrollo de esta industria en los Estados Unidos, así como de las aplicaciones i empleos posibles del magnesio. De ese trabajo, reproducido por *Le Génie Civil*, tomamos algunas noticias.

Lo mismo que en Alemania, la fabricacion permanece casi secreta, pero los procedimientos americanos no deben diferir mucho del que empleaban los alemanes ántes de la guerra. He aquí lo que se sabia de ellos.

Se descomponia electrolíticamente el cloruro doble de potasio i de magnesio fundido, obteniendo por purificacion i deshidratacion de la *carналita*,



una de las sales estraidas de los ricos yacimientos de Stassfurt.

La operacion se hacia en el aparato de Graetz. Este aparato se compone esencialmente de una cuba de hierro colado que sirve de cátodo i que con-

(1) De la revista minera de España.—Agosto 24 1918.

tiene la sal doble fundida. Se calienta al exterior i está cerrada herméticamente en su parte superior por una tapa atravesada por dos tubos i un vaso poroso cilíndrico, de porcelana, bien ajustados los tres a dicha tapa. Por los tubos entra i sale un gas inerte o reductor (gas de alumbrado, hidrógeno) destinado a impedir la oxidacion, por el oxígeno del aire, del magnesio desprendido. El vaso poroso está provisto en su parte inferior de orificios que permiten la circulacion de la sal fundida, i contiene el ánodo de grafito o de carbon de retortas i está provisto en su parte superior, como única salida, de un tubo por el que se desprende el cloro formado por la electrolísis. Muchos aparatos semejantes están colocados en serie i calentados por un mismo hogar; segun Borchers, la tension en los terminales es de 7 a 8 voltios; la densidad de la corriente es de 10 amperios por decímetro cuadrado.

La intensidad de la corriente es insuficiente para mantener la sal en fusion, por lo que se hace necesario aportar calor exterior i operar en un recipiente metálico que pueda ser calentada.

Cuando se opera a una temperatura poco superior al punto de fusion del magnesio, el metal se vuelve a reunir en forma de bolas en la parte inferior del recipiente; cuando es notablemente mas elevada, se funde i se vuelve a reunir en la parte superior del baño. Cuando la electrolisis concluye, se funde el metal nuevamente bajo una capa de carnalita deshidratada; se obtiene así un metal de 99,7 a 99,8 por 100 de Mg.

El magnesio puede ser todavía purificado por destilacion en una corriente de gas inerte.

Como la depuracion de la carnalita natural es costosa, se preparaba, partiendo de magnesia, sal marina i un poco de fluorina, agregada como fundente, una mezcla que, una vez fundida, sustitua bien a la carnalita pura deshidratada.

La *Chemische Fabrik Elektron Griesheim* trabajaba por un procedimiento diferente; el de Rathenan et Sutter, del cual nada se sabe, pero que parece poder suministrar directamente aleaciones de magnesio con diferentes metales, especialmente el aluminio.

El magnesio encuentra numerosas aplicaciones en tiempo de guerra. Su poca densidad, su fácil combustibilidad, su llama deslumbradora, hacen que se le emplee en la fabricacion de aleaciones ligeras para la construccion aeronáutica i la de artificios luminosos de todas clases.

Desde el principio de la guerra, en vista de las dificultades con que tropezaban para la fabricacion del aluminio (como es sabido, los principales i mejores yacimientos de bauxita de Europa están situados en Francia) (1),

---

(1) Antes de la guerra la produccion mundial de aluminio se repartia como sigue: Francia, 40% Estados Unidos, 26% Suiza, 12% Inglaterra, 8% Canadá, 5% Noruega, 4% Italia, 2,5% Alemania i Austria reunidas, menos de 3%

los alemanes se han preocupado de reemplazar este metal por el magnesio en sus máquinas, municiones i otras manufacturas de guerra. Entra en la composicion de numerosos cohetes luminosos (cohetes de señales, granadas indicadoras, etc.); se le encuentra en el metal del armazon llamado de aluminio (en realidad es un *duraluminio* de

Al=93 por 100; Cu=4 a 5 por 100; Mn=1 por 100;  
Mg=2 a 3 por 100)

de sus zepelines, i en la armadura metálica de sus aviones, así como en los aeroplanos de los aliados; reemplaza cada vez mas completamente, entre los alemanes, al aluminio para la confeccion de ciertas piezas de sus espoletas de granadas (percutores, cuerpos de espoleta, etc., que se hacen de una aleacion de

Mg=91 a 94 por 100; Zn=6 a 8 por 100; Al=0,5 a 1 por 100).

Estas aleaciones son relativamente poco atacables por la humedad; adquieren un lijero temple i poseen entónces una dureza bastante grande i una tenacidad mui elevada. La densidad de estas aleaciones es siempre notablemente inferior a 2.

Los usos industriales del magnesio son numerosos. Sirve, lo mismo que el aluminio, como desoxidante i eliminador de impurezas de los metales i aleaciones en fusion en el momento de la colada.

Agregado en pequeñas cantidades al cobre, al bronce, al laton, comunica al metal un grano mas fino i mejores propiedades mecánicas i eléctricas; de este modo la conductividad eléctrica del cobre es grandemente acrecentada. Lo mismo ocurre para el bronce fosforoso. A veces un lijero exceso ocasiona sopladros. Con frecuencia, una adicion de 0,05 por 100 basta ampliamente i la mitad ménos, cuando la aleacion contiene zinc.

Se han preparado en los Estados Unidos aleaciones de magnesio i de otros metales destinados a purificacion, aleaciones que son de un manejo

---

Francia esportaba 4,000 toneladas de aluminio bruto a Alemania; Suiza, 6,000; Alemania consumia unas 12,500 toneladas; se encontraba, por consiguiente, bajo la casi completa dependencia del extranjero.

Desde 1915, estando Alemania privada de bauxita, cuya esportacion de Francia ha sido prohibida desde el principio de la guerra, ha encontrado en Hungría 59,000 toneladas en 1915, i en Carniola una bauxita casi equivalente a la de Francia. Este producto es transformado actualmente por Fábricas alemanas, en una alúmina pura que es tratada por aluminio por la Sociedad suiza de Neuhausen i por dos fábricas alemanas afiliadas suyas. Parece ser que dentro de poco Alemania estará en estado de fabricar no solamente todo el aluminio que necesite, sino tambien un exceso, que la hace ya pensar en el empleo de este metal reemplazando a otros metales de que carece.



mas fácil que el magnesio puro, puesto que son mas densas. Así es que una aleacion magnesio-aluminio conviene al metal para bastidores de aviones, una aleacion magnesio-cobre puede sustituir al cobre i a las aleaciones del cobre, una aleacion magnesio níquel o de magnesio-silicio viene bien para los aceros especiales o de herramientas.



## Bibliografía

OBRAS RECIEN LLEGADAS A LA BIBLIOTECA DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA I QUE SE ENCUENTRAN A DISPOSICION DE LOS SEÑORES SOCIOS PARA SU CONSULTA.

*Leon Guillet.*—Progrés des Métallurgies autres que la Sidérurgie et leur état actuel en France.—1912.

*A. Ledebur.*—Les Laboratoires Sidérurgiques.—Manuel pratique a l'usage des Chemistes Métallurgistes.—1914.

*H. Noble.*—Fabrication de L'acier.—1918.

*F. W. Taylor.*—La taille des Métaux.—1917.

*Varios autores.*—Contribution a l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers.—1904.

*Francis J. G. Beltzer.*—La chimie industrielle moderne.

Tomo I.—Industrie chimique minerale.—Meta-  
lloïdes.

Tomo II.—Metaux.—Chimie organique.

*M. Sorel.*—Applications de Chemie inorganique.—Produits chimiques.

*Camille Vincent.*—Industrie des produits ammoniacaux.

*M. Roswag.*—Desargentation des mineraïs de plomb.

*M. Wickersheimer.*—L'aluminium et ses alliages.

*M. J. Meunier.*—Cobalt et Nickel.

*A. Lodin.*—Métallurgie du Zinc.

*E. Grandmougin.*—L'essor des Industries Chimiques en France.—1917.

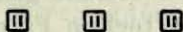
*Jean Escard.*—Fabrication électrochimique de l'acide nitrique et des composés nitrés.

*Albert Meurice.*—Cours d'analyse quantitative des produits de l'industrie chimique.

*Treadwell.*—Chimie analytique.—1917.

*R. Molina.*—Les explosifs et leur fabrication.—1917.

- Adrien Say.*—La fabrication du coke et les sous-produits de la distillation de la houille.—1918.
- L. C. Tassart.*—Exploitation du pétrole.—1908.
- D. Bellet.*—La Machine et la Main d'oeuvre humaine.
- J. Hartness.*—Le facteur humain dans l'organisation du travail.
- Ch. Orrier.*—Les Leçons économiques de la guerre.—1916.
- Georges Mis.*—La Russie commerciale et industrielle.—1917.
- Louis Polac.*—Notre Commerce Extérieur d'après-guerre.—1917.
- A. L. Galéot.*—L'avenir de la race.
- Jules Amar.*—Organisation physiologique du travail.—1917.
- A. Landry.*—Notre Commerce d'Exportation, avant, pendant et après la guerre.—1916.
- F. Bayle.*—Les salaires ouvriers et la richesse nationale.—1917.
- R. de Fleury.*—La production industrielle intensive.—1917.
- Paul Otlet.*—Les problèmes internationaux et la guerre.—1917.
- P. Ravigneaux.*—Vade-Mecum de la Vie automobile.
- H. Petit.*—L'automobile á la portée de tout le monde.



## Situacion de los mercados de minerales metales i combustibles

AGOSTO 24 DE 1918

**COBRE.**—Se cotiza en el mercado de Lóndres: el *standard*, de £ 122.0.0 a £ 122.10.0; el *best selected*, de £ 131.0.0 a £ 135.0.0 i el electrolítico, de £ 133.0.0 a £ 137.0.0.

En Nueva York sigue al precio de tasa de 23½ centavos el electrolítico.

---

**ESTAÑO.**—Se cotiza este metal en Lóndres, de £ 379.0.0 a £ 380.0.0 al contado i tres meses.

---

**PLOMO.**—El plomo español continúa en Lóndres con el precio de £ 29.10.0 a £ 28.10.0 neto. En América se cotiza el plomo de 7,75 a 7,82 centavos libra.

---

ZINC.—De £ 54 a £ 50 en el mercado de Lóndres. En América, se cotiza de  $7 \frac{7}{8}$  a 8 centavos, al contado.

---

PLATA.—La plata *standard* se cotiza en Lóndres a 48 13-16 d. por onza.

---

NÍQUEL, de 98 a 99 por 100, nominal.

---

PLATINO.—400 s. el nuevo, i 360 s. el viejo, por onza.

---

PALADIO.—290 chelines por onza.

---

BISMUTO.—12 s. 6 d. por libra.

---

CADMIO.—8 s. 6 d. por libra.

---

CROMO.—7 s. 6 d. por libra.

---

COBALTO.—Precio sujeto a negociacion.

---

AZOGUE.—£ 25 por frasco.

---

ANTIMONIO.—Régulo, ingles, £ 85 tonelada.

---

SELENIO.—15 s. por libra.

---

TELURO.—84 s. a 90 s. por libra.

---

GRAFITO.—Base de 80 por 100 c, £ 50 tonelada puertos Reino Unido

---

ÚLTIMOS PRECIOS DE LÓNDRES

Telegramas de la Casa *Bonifacio López, Bilbao:*

<i>Cobre.</i> —Cobre standard, al contado.....	£	122. 0.0
Best selected.....		133. 0.0
— Electrolítico.....		135. 0.0
<i>Estaño.</i> —G. M.....		387. 0.0
— Ingles, lingotes.....		375. 0.0
— — barritas.....		376. 0.0
<i>Plomo español sin plata</i> .....		29. 0.0
<i>Plata</i> (cotizacion por onza).....		0.32.0
<i>Antimonio.</i> —Régulo.....		112. 0.0
<i>Mercurio</i> (frasco de 75 libras).....		25. 0.0
<i>Aluminio</i> .....		232. 0.0
<i>Sulfato de cobre</i> .....		60. 0.0

---

*Carbones ingleses:*

	Pesetas.
Cardiff, almirantazgo superior.....	Nominal
Newport, cribados.....	40,98
Idem, menudos.....	28,37
Newcastle, cribados de vapor.....	40,35
Idem, menudos.....	29, -
Idem, cok de fundicion.....	56,74
Idem, cok de gas.....	49,18

