



que esta rejion se examine detenidamente en cuanto a la existencia de yacimientos petrolíferos.

Desde el 5 de enero hasta el 18 de marzo de 1913, he explorado toda la rejion del continente comprendida entre Osorno, Puerto Varas, Puerto Montt i Calbuco como límite occidental, i Rio Llico, Parga, Quillagua, Maullin i Carlemapu como límite oriental. Además exploré casi toda la isla de Chiloé i la isla Lemui.

En el presente breve informe sobre mis trabajos, describiré rápidamente la estructura jeológica de la rejion, es decir, solo en cuanto sea de interes para la existencia de yacimientos petrolíferos. Mencionaré, además, los resultados alcanzados por los sondajes hasta ahora practicados. Al final espondré los resultados de las exploraciones jeológicas.

Mi informe definitivo versará sobre las siguientes materias: una apreciacion sobre los informes antiguos i sobre la literatura jeológica referente a esta rejion; una descripcion jeológica detallada de toda la rejion explorada; los comprobantes jeológicos para los resultados de las investigaciones, i una descripcion de otros yacimientos que he encontrado.

### *La estructura jeológica de la rejion*

Los sedimentos en los cuales se puede esperar la existencia de yacimientos petrolíferos, descansan sobre las capas basales de rocas cristalinas fuertemente plegadas, sobre rocas intrusivas preterciarias i sobre rocas efusivas. Las capas basales constan de pizarras micáceas, cuarcitas micáceas i cuarcitas. En estas rocas se encuentran frecuentemente intrusiones de granitos, dioritos cuarcíferas i capas efusivas de pórfidos cuarcíferos, porfiritas i andesitas. Sobre estas rocas basales descansan areniscas no plegadas de color verdoso hasta gris, areniscas de grano mui fino i arcillas, todas de la formacion terciaria; además arenas i conglomerados de la formacion cuaternaria. Todos estos sedimentos con escepcion de los cuaternarios mas jóvenes, han sido dislocados en grado mayor o menor por fallas jóvenes. El rumbo es por lo jeneral paralelo a la direccion principal de la costa, mientras que la inclinacion es a veces en direccion hácia el mar, i otras en direccion opuesta.

El terciario descansa con un conglomerado basal marino de poco espesor sobre las capas basales. El conglomerado basal junto a Punta Quillagua, demuestra ser del mioceno por los fósiles que contiene; mas encima siguen areniscas verdes de grano grueso, con algunos mantos de carbon, por ejemplo, junto a Parga, Punta Amortajada. Este horizonte que apenas tendrá 100 a 150 metros de espesor, es una formacion de agua dulce. Siguen mas encima areniscas arcillosas de grano mui fino, con concreciones calcáreas, i además arcillas arenosas con concreciones calcáreas i aislados bancos de areniscas calcáreas. Estos horizontes contienen en gran cantidad fósiles marinos, por los cuales pertenecen tambien al mioceno. El espesor es de mas o ménos 150 a 200 metros.

En la isla Chiloé i al norte de Parga siguen mas encima areniscas que de vez en cuando contienen fósiles. Estas areniscas pertenecen al plioceno. En los alrededores de Ancud i en la península de Lacui, los horizontes superiores

del mioceno i todo el plioceno se componen casi exclusivamente de cenizas volcánicas i breccias volcánicas, e inmediatamente junto a Ancud tambien de corrientes de lava. El plioceno tiene un espesor considerable solo en la vecindad inmediata de Ancud. El cuaternario se encuentra en rejiones de poca altura sobre el mar, en los valles de los rios i junto al mar constituyendo una formacion superficial de poco espesor. Consta de conglomerados, arenas i aisladamente de breccias de conchas. El espesor puede estimarse, por lo jeneral, en 80 a 100 metros; solo en mui pocos puntos llega a un espesor mas considerable. Son sedimentos fluvio-glaciales, sedimentos de agua dulce i conglomerados de costa.

#### *La rejion suroeste de la isla Chiloé*

La costa oeste de la isla Chiloé, al sur de la bahía Cucao, se compone de areniscas netamente marinas i de areniscas arcillosas del mioceno, que en esta parte no tienen un espesor superior a 300 m. A corta distancia de la costa, en direccion hácia el oriente, se presentan ya a la vista las capas basales de rocas cristalinas. Junto a la Punta Catiao i Punta Checo se presentan tambien junto a la orilla del mar i debajo del mioceno rocas cristalinas—pizarras micáceas.—Esta zona de los sedimentos se compone aquí de una faja a lo largo de la costa, con un ancho de 3 a 8 km. En esta costa se han encontrado repetidas veces trozos de un carbon asfaltoso. Tambien yo encontré personalmente junto a Punta Bonita, en la desembocadura del rio Checo, algunos trozos de dicho carbon en el cascajo de la costa. Pero jamas se ha encontrado trozo alguno de este material a cierta distancia de la costa. A pesar de haber explorado detenidamente algunos valles de rios hasta mui adentro de las selvas vírjenes, jamas he encontrado ni el mas leve indicio de este asfalto. Por lo tanto, puede considerarse como comprobado que el yacimiento de ese material no se encuentra en la isla, sino que el asfalto es arrojado por el mar que lo trae probablemente de una de las islas australes o del fondo del mar.

#### *Las supuestas emanaciones gaseosas junto al muelle de Ancud i en la Bahía Ingles en la península de Lacui*

Pocos metros al sur del muelle de pasajeros i a unos 40 metros de distancia de tierra, como tambien a mas o ménos 30 a 40 metros al noroeste del mismo muelle, a 60 metros de tierra, se dice que se han observado repetidas veces emanaciones de gases inflamables cuando el mar está en calma. A pesar de haber yo examinado varias veces estos puntos con mar tranquila, jamas pude observar emanaciones gaseosas. Una sola vez observé en el costado sur del muelle, en diferentes puntos, ascender en el agua algunas burbujas, pero que no resultaron ser inflamables. En la costa afloran aquí breccias volcánicas interrumpidas con suma frecuencia por torrentes de lava de una andesita piroxénica i filones de estas rocas efusivas. Los alrededores mas lejanos son constituidos por las tobas i cenizas de un volcan apagado cuyo cráter ha de haber estado algo al sur de Ancud, i ademas por arcillas del plioceno en cantidad mui nsignificante. Pero estas capas descansan en la península de Lacui i al sur-

oeste de Ancud directamente sobre pizarras micáceas. Por consiguiente, las rocas de esta zona hablan en contra de la existencia de un yacimiento petrolífero.

En la Bahía Ingles no pude encontrar las supuestas emanaciones gaseosas, que tampoco son conocidas por los habitantes de los alrededores. Pero aun que existieran aquí emanaciones de gases inflamables, jamas podrian tener su orijen en yacimientos petrolíferos. En esta costa se encuentran solo areniscas con mucho material de cenizas i tobas, que a 3 kms. al oeste descansan ya sobre pizarras micáceas. La Bahía Ingles es el resto de un antiguo canal que ha separado la elevacion Punta Corona i Punta Guapacho del continente, trasformándola en isla. El angosto puente de comunicacion con la tierra firme está hoi dia formado por arenas de dunas i arenas arrojadas por el mar. En el brazo muerto del mar se depositan actualmente fangos mui betuminosos. Por las corrientes jeneradas por las mareas, se acumula aquí grandes cantidades de plancton, algas, jibias, medusas, etc., que mueren con la marea baja. Por las mareas, estas masas de animales i plantas muertas son cubiertas rápidamente con arena i fango entrando pronto a la putrefaccion sin estar en contacto con la atmósfera; de este modo se forman aquí los jóvenes fangos betuminosos de los cuales emanan frecuentemente los llamados gases de pantano (metano). En cualquiera de las ensenadas que en la costa oriental de la Isla Chiloé avanzan profundamente tierra adentro, i que por las mareas quedan sometidas a oscilaciones considerables, pueden encontrarse estos fangos betuminosos de color azul oscuro negruzco, i de los cuales frecuentemente emanan gases de pantano.

#### *Los gases de Carelmapu*

La planicie de Carelmapu, entre las elevaciones de Punta Chocoi i la península Amortajado, es el antiguo Canal Chacao ahora relleno por aluviones de arena i conglomerados. Así como actualmente se están todavía formando los depositos de fangos betuminosos en la Bahía Ingles i en las profundas ensenadas de la costa oriental de Chiloé, así tambien se han formado fangos análogos en Carelmapu durante el relleno del antiguo canal. Pero tambien se han formado frecuentemente lagunas, que andando el tiempo se han trasformado en profundos pantanos, que a su vez fueron sepultados posteriormente por dunas. Todas estas son formaciones i procesos que se pueden observar aun hoi dia en la planicie entre Carelmapu i Maullin. Estos pantanos i vegas sepultadas son los focos orijinarios de los gases que en las faenas de la Sociedad Petróleo del Pacífico en Carelmapu se emplean para fines de alumbrado. La presencia de estos gases fué tambien lo que orijinó la idea de la existencia de petróleo en esta zona.

#### *Los sondajes en la planicie de Carelmapu*

En la planicie de Carelmapu se han ejecutado hasta ahora siete sondajes, bajo la direccion de diferentes maestros de sondaje. Hubo que abandonar los seis primeros de estos sondajes, todos por desperfectos del trabajo técnico, i entre estos algunos por causa de la desviacion de la vertical de la parte mas

profunda del taladro. Algunos de estos sondajes habian llegado ya a profundidades de 300 a 350 metros.

Sobre ninguno de los 6 sondajes se ha llevado un diario de sondaje apropiado, ni se han coleccionado muestras de modo que no tienen ningun valor práctico ni científico. Una comprobacion en este sentido es el hecho de que estos seis sondajes, para cuya ejecucion se ha necesitado de una labor de varios años, no han esclarecido en nada la cuestion de la existencia de yacimientos de petróleo. El hecho de que se ha tenido que abandonar sucesivamente seis sondajes, demuestra que las máquinas han sido manipuladas deficientemente, i que los maestros de sondaje no estaban suficientemente preparados. Ya desde el comienzo de los trabajos en Carelmapu, las indicaciones sobre los primeros resultados de los sondajes han de haber sido mui poco exactas, pues el señor Miguel R. Machado, dió ya indicaciones poco precisas i aun contradictorias sobre los resultados de los sondajes, en su informe de agosto de 1909, referente a la existencia del petróleo en Carelmapu. Por lo contrario, ya en octubre de 1910 el señor profesor doctor E. Maier ha llamado la atencion sobre las publicaciones poco precisas relativas a los sondajes de Carelmapu, i ha puesto en duda el éxito futuro de los trabajos. (Estudio crítico hecho por encargo del Directorio de la Sociedad Nacional de Minería, «El petróleo de Carelmapu», 12 de octubre de 1910).

El hecho de que los gases de Carelmapu son gases de pantano, i que no tienen relacion con los supuestos yacimientos de petróleo, está demostrado tambien por los sondajes, en los cuales se han encontrado emanaciones considerables de gases inflamables solo hasta poca profundidad. En esta afirmacion mui poco favorable para el éxito de las compañías petrolíferas, está conforme conmigo el señor don Daniel Bello, representante de la Sociedad Petróleos del Pacífico. Como la actividad de los anteriores maestros de sondaje merecen una crítica enérgica, no quiero dejar de llamar la atencion hácia el hecho de que el señor don Daniel Bello, el descubridor de los gases, ha trabajado durante largos años en esta rejion en pró del descubrimiento del petróleo, con entera buena fé e inquebrantable convencimiento.

Actualmente se prosigue todavía un sondaje en la planicie de Carelmapu. Este sondaje se ha practicado hasta los 305 metros de profundidad con una antigua máquina, i desde aquí se ha proseguido, bajo la direccion del maestro de sondaje Altstadt, contratado por el Gobierno en la Sociedad Internacional de Sondajes de Berlin, con una sonda comprada a esa misma Sociedad. Ya en el mes de febrero, el taladro tenia una profundidad de 513 metros. El señor Altstadt llevó un exacto diario del sondaje; tambien se coleccionaron muestras de dicho sondaje. A esta considerable profundidad se llegó después de una labor de tres meses.

Con las muestras del sondaje a la vista, pude confeccionar una lista de sucesion de las capas, que se publicará en el informe definitivo. Por ahora quiero mencionar solo lo siguiente con respecto a los sondajes en la planicie de Carelmapu. El sondaje actualmente en actividad, no ha encontrado gases inflamables en ningun punto de toda su profundidad.

A una hondura de 376.40 metros, el agua de lavado se escurrió en el sondaje, subiendo algunas burbujas. El sondaje se encontraba entónces en ca-

pas de arcillas duras con algunas capas de conglomerados. Es del todo natura que el agua se escurra de vez en cuando en tales capas; las burbujas eran aire espelido de estas capas. A una profundidad de 500.27 a 502.68 metros, el sondeaje se encontró en capas de arcillas blandas, que se alternaban con capas de areniscas porosas. Estas arcillas blandas ascendieron en el taladro hasta una altura de 150 metros. En el material estraído por la sonda, ascendieron numerosas pequeñas burbujas; mas o ménos 20 minutos despues de estraído este material, el maestro de sondajes intentó inflamar estas burbujas, *pero no ardieron*. Eran sin duda burbujitas de aire.

Las capas de arcillas blandas fueron empujadas hácia arriba por la presion de las capas superiores.

En dos sondajes se encontró agua salada. Pero la presencia de agua salada no es un fenómeno extraordinario en las formaciones costinas, como lo son aquí los horizontes terciarios, i en ningun caso puede considerarse como un indicio de yacimientos petrolíferos.

Las pequeñas membranas grasosas que se encuentran en todo el material estraído por la sonda, provienen de la lubricacion de las herramientas de sondajes.

#### LOS SONDAJES JUNTO A PUNTA CHOCOÍ

En la playa de Punta Chocoi existen dos sondajes iniciados ámbos en capas fosilíferas del mioceno. Uno de los sondajes hubo de ser abandonado a los 365 metros de profundidad, por haberse desviado de la vertical. Segun la narracion del señor don Daniel Bello, a una profundidad de 250 metros ascendieron algunas burbujas de gas, que se inflamaron haciendo esplosion. Estas pequeñas cantidades de gas tienen probablemente su oríjen en los yacimientos de carbon que existen en los horizontes centrales del mioceno. Sin lugar a dudas, estos gases no son orijinarios de un yacimiento petrolífero explotable.

El segundo sondeaje de Punta Chocoi ha alcanzado, al parecer, una profundidad de 90 metros; solo se han atravesado capas del mioceno. *No se encontraron gases*.

#### LOS SONDAJES DE MANAO, EN LA ISLA CHILOÉ.

En la playa existen tres sondajes iniciados en la formacion cuaternaria (diluvium). Tienen una profundidad de 96 m. 68 m. i 18 m.

Segun las muestras de sondeaje que se me han presentado, ninguno de los sondajes ha atravesado aun la formacion cuaternaria. *En ninguno de los sondajes se encontraron gases*.

A 50 metros de hondura se observaron residuos de aceite en el material estraído por la sonda. Sin duda estos residuos de aceite provienen de la lubricacion de las herramientas.

Desde una profundidad de 60 metros fueron empujadas hácia la superficie arenas de grano mui fino i agua. Es este un horizonte de agua en arena de grano mui fino. Por la presion de las capas superiores, esta arena es empujada hácia arriba junto con el agua.

Por consiguiente, en ninguno de los sondeos se encontraron indicios de petróleo.

#### DEDUCCIONES FINALES.

1.º Las emanaciones gaseosas conocidas en Carelmapu i Ancud, son gases de pantano, que tienen su origen en formaciones pantanosas recientes.

2.º En los sondeos de Carelmapu se han encontrado emanaciones gaseosas considerables solo en la vecindad inmediata de la superficie terrestre; son gases de pantano que nada tienen que ver con el petróleo. Tampoco a mayor profundidad se ha encontrado indicio alguno favorable a la existencia de petróleo.

3.º El terciario—mioceno i plioceno—tiene un espesor poco desarrollado, i descansa directamente sobre las rocas cristalinas. En toda la estension del terciario, tanto en el continente como en la Isla Chiloé, no se han encontrado ni los mas mínimos indicios favorables al petróleo. Por consiguiente, en el mioceno o plioceno no existen yacimientos petrolíferos.

4.º En toda la rejion explorada no se han encontrado, en punto alguno, sedimentos mas antiguos que puedan contener yacimientos petrolíferos. El sedimento mas antiguo es del mioceno, en el cual segun el N.º 3 no existe petróleo, en ninguna parte se ha encontrado terciario inferior, cretáceo u otros sedimentos mesozóicos

5.º Por consiguiente, hai mui pocas probabilidades que una continuacion de los sondeos tenga resultados favorables.

DR. J. FELSCH,  
Jeólogo del Ministerio de Industria  
i Obras Públicas.

## La época glacial en Bolivia.

El profesor Hauthal ha hecho durante el verano 1907/8 un viaje a Bolivia i Perú con el objeto de estudiar los fenómenos glaciales tanto de la época actual como especialmente de la época pasada llamada «La época glacial». Los resultados de estos estudios han sido publicados por la Sociedad de Jeografía en Leipzig (Die Gesellschaft der Erdkunde zu Leipzig) con el título de *Reisen in Bolivia und Peru (Viajes en Bolivia i Perú)* en un tomo de 246 páginas acompañado de numerosas i excelentes fotografías. Esta obra contiene datos mui interesantes i merece ser leida por todas las personas que se interesan por las ciencias i especialmente por los habitantes de los países de que se trata. Se ocupa detalladamente del estudio de los alrededores de La Paz i únicamente de estos me ocupare aquí.

En los poderosos depósitos glaciales que componen las barrancas del rio de La Paz distingue el señor Hauthal, las siguientes partes:

1) La parte inferior compuesta de típicas morainas basales, es decir de material arrastrado directamente por los antiguos ventisqueros. Cerca del lu-

gar llamado «Ananta» al pié del Illimani, han bajado éstas a la altura de 3,000 metros sobre el nivel del mar. Pertenecen estas morainas a «*La primera Época Glacial*».

2) Sobre ellas descansan depósitos fluvio-glaciales, es decir, material acarreado por aguas corrientes durante el deshielo de los ventisqueros i de la nieve, como consecuencia de un mejoramiento del clima.

3) Sobre los depósitos fluvio-glaciales descansan a su vez depósitos lacustres, es decir, arenas, arcillas i arenas arcillosas, acumuladas en un lago, que se habria formado con la obstruccion de la antigua quebrada, que durante la época preglacial daba salida a las aguas hácia el Amazonas, pasando entre Illimani i Quimza-Cruz. El Sr. Hauthal ha dado a este lago el nombre de «*Lago de La Paz*». En este lago se depositó tambien la capa de tofo traquítico, que desde las calles de la ciudad se divisa en las barrancas de las quebradas de La Paz i de Chuquiaguillos. Segun el Sr. Hauthal este lago nunca ha estado en comunicacion con el lago de Titicaca.

Así como el clima habia principiado a mejorar cuando se depositaron los depósitos fluvio-glaciales, ha continuado este mejoramiento durante una gran parte de la existencia del lago. Ha sido una «*Época Interglacial*».

4) Al depositarse las últimas capas en el lago, avanzaron de nuevo los ventisqueros, cubriendo las capas lacustres. Al mismo tiempo rebalsaron las aguas del lago hácia el Atlántico i principiaron a escavar su lecho hácia atras en las capas lacustres, que ahora habian quedado en seco formando así la actual quebrada de La Paz con sus afluyentes las quebradas de Chuquiaguillos, Ampaturi i Palca. En este trabajo tomaron parte los ventisqueros que dieron a las mencionadas quebradas su actual anchura i profundidad, que las aguas corrientes solas no habrian podido darles.

Las capas superiores de las barrancas de La Paz, se componen segun el señor Hauthal, de las morainas basales acarreadas con este nuevo avance de los los ventisqueros («*Segunda Época glacial*»).

Mientras que los ventisqueros de la primera época glacial habrian bajado a ménos de 3,000 metros sobre el mar, los de la segunda época habrian llegado solamente a 3,400 metros. Al retirarse los ventisqueros dejaron morainas en varias alturas entre 4,000 i 5,000 metros. El señor Hauthal sospecha que algunos de estos, quizas hayan pertenecido a una «*Tercera Época Glacial*».

Fundándome en estos interesantes estudios voi a permitirme hacer algunos observaciones i deduciones.

*La gran quebrada preglacial.*—La roca firme, sobre que descansan las morainas de Ananta en la altura de solamente 3,000 metros sobre el mar, ha sido el fondo de una gran quebrada o mas bien hoyada, cuyas aguas, segun Hauthal, ántes de la época glacial han corrido hácia el Atlántico atravesando la Cordillera entre Illimani i Quimza-Cruz.

Esta quebrada ha tenido pues suficiente profundidad para desaguar a todo el Altiplano en la suposicion de que la configuracion topográfica del terreno en aquella época hubiera permitido la converjencia de todas las aguas corrientes hácia aquella hoyada. En cuanto a la parte Sur del Altiplano puede esto ser mui dudoso, i difícil o imposible de comprobar; cubiertas como están las antiguas hoyadas i quebradas por el terreno diluvial i aluvial, que mui bien puede

haber modificado completamente la hidrografía preglacial. Pero en cuanto a la parte del Altiplano situada al Norte de La Paz, aunque aquí también existen las mismas dificultades, parece menos dudoso, que en realidad todas sus aguas han corrido libremente, hacia la mencionada salida entre Illimani i Quimza-Cruz. Sabemos ya que la hoyada preglacial se ha extendido al pié de la cordillera desde desde Illimani hasta La Paz y que allá continúa hacia el Noroeste debajo de los detritus diluviales. Sabemos también, que si en la imaginación continuamos dicha hoyada con la misma dirección, pasaría al Este de Achecache, entrando en el lago Titicaca i siguiéndole en toda su extensión hacia el Noroeste. Sabemos además que la hoyada, que ahora ocupa el lago Titicaca debe extenderse más hacia el Sud-Este de Achacache debajo de los depósitos diluviales i aluviales, puesto que su continuación en la mencionada dirección está interrumpida únicamente por estos depósitos. Sabemos todavía que en toda la extensión entre La Paz i Achacache no se ve roca firme en ninguna parte; toda la superficie se compone de los mencionados depósitos. Parece, pues, muy natural suponer que en la época preglacial la hoyada de La Paz y la del lago Titicaca han formado una sola gran hoyada. Esta idea está además apoyada por el mapa bathymétrico del señor Neveu-Lemaire, en el que se ve, que desde el estrecho de Tiquina viene bajando, con dirección hacia el Norte, i cavado en roca firme, una quebrada submarina, con la misma configuración exactamente como cualquier quebrada, cavada por las aguas corrientes, al aire libre. Esto parece indicar que antes de existir el lago aguas corrientes han bajado por dicha quebrada al fondo de la hoyada que se encuentra 270 metros debajo de la superficie actual del lago. Pero estas aguas no pueden haber tenido otra salida que por la hoyada preglacial de La Paz. En vista de todo esto ningún jeólogo titubearía en admitir que las hoyadas de La Paz i de Titicaca antes de la época glacial han sido una sola i que el lago Titicaca debe su existencia a que la salida de dicha hoyada ha sido obstruida por depósitos glaciales que han obligado a las aguas a buscar una nueva salida por el río Desaguadero.

Antes de la época glacial no ha existido el lago Titicaca.

*El gran lago de La Paz.*—Las aguas de este lago, según Hauthal, han llegado a la altura de 4,000 ms., más o menos, la altura del Altiplano, i sin embargo no habrían estado nunca en comunicación con el lago Titicaca.

Veamos. ¿Cuál ha sido el borde de este lago hacia el Oeste? Las mismas barrancas del río de La Paz no pueden haberlo sido, puesto que estas barrancas han sido edificadas por el lago mismo. Tenemos que ir mucho más allá, quizás hasta el Tacora al Oeste i hasta Ascotan al Sur. Con otras palabras, el lago debe haber cubierto casi todo el Altiplano i el «Lago de La Paz» del señor Hauthal es idéntico con el gran lago, que ha dejado manifestaciones de su existencia en tantas partes del Altiplano.

Este gran lago ha sido, pues, de origen interglacial, lo mismo que el lago Titicaca, que no es más que un resto del gran lago.

Puesto que el portezuelo de Ascotan actualmente está en la altura de 3,900 ms. sobre el nivel del mar, aunque anteriormente puede haber tenido más altura, quizás el nivel máximo del lado ha sido limitado por este portezuelo de 3,900 ms., i no por los 4,000 ms., indicados por Hauthal. De todas

maneras, una vez mas bajo de este nivel la altura de sus aguas, es claro que el resto ha desaparecido por evaporacion.

*El divortium aquarum* actual entre el lago Titicaca i el rio de La Paz o, lo que es lo mismo, entre el Altiplano i el Atlántico, no lo forma, como dice Hauthal las areniscas rojas que rodean la parte Sur i Sureste del lago. El verdadero *divortium aquarum* lo forma el borde derecho del rio de La Paz desde su nacimiento al pié del cerro de Chacaltaya a la altura de 4,800 ms., pasando por el Alto de La Paz hasta mui allá Ventanani i probablemente hasta la serranía, que bordea al lado Oeste de la quebrada de Caracatu i Luribay, que a su vez forman la continuacion del *divortium aquarum*. Todo el borde del rio de La Paz hasta llegar a dicha serranía se compone de material glacial; todo el agua de lluvias que cae al lado Oeste corre hácia el lago Titicaca; todo el que cae al lado Este corre al Atlántico.

Tenemos, pues, aquí el curioso hecho que un *divortium aquarum* de tanta importancia está formado por un terreno tan moderno, hecho que por lo demas tiene su analogía en varias partes de la Patagonia.

En el presente caso se debe esto a que el rio de La Paz al iniciar la escavacion de su lecho, no ha corrido siguiendo la mayor gradiente del plan diluvial, que con suave declive baja de la cordillera al Altiplano, en cuyo caso sus aguas habrian llegado al lago Titicaca por Viacha, sino que ha corrido en media falda de dicho plan hácia la salida al Atlántico entre Illimani i Quimza-Cruz. Esto indica que sus aguas se han encontrado con algun obstáculo, que les han impedido seguir su curso natural. Este obstáculo dificilmente puede haber sido otra cosa que una línea de morainas terminales que se ha extendido paralelamente a la cordillera.

*La obstruccion de la gran quebrada durante la época interglacial.*—¿Cómo se obstruyó la quebrada?

En artículos anteriores he emitido la hipótesis de que la causa habria sido inmensos ventisqueros que podian haber bajado de Illimani i de Quimza-Cruz. Pero fuera de la circunstancia de que se trata de un lago de 1,000 metros de profundidad (desde Ananta, 3,000 metros, hasta el Altiplano, 4,000 metros), lo que exijiria ventisqueros de un espesor improbable, viene ahora la teoría del Sr. Hauthal, de que el lago se habria formado durante la época interglacial, es decir, cuando los ventisqueros estaban retirándose.

El señor Hauthal indica como causa posible grandes derrumbes (rodadas) de tierra, quizas provocados por algun temblor.

Quizas una esplicacion mas natural seria la siguiente: La inmensa cantidad de material acarreado por los ventisqueros de la primera época glacial ha podido estenderse libremente en direccion horizontal en la gran hoyada i sin embargo alcanza, segun Hauthal, a un espesor de 600 a 800 metros. Entre Illimani i Quimza-Cruz ha existido solamente una quebrada angosta, que ha impedido que los detritus se extendieran mucho horizontalmente, obligándolos, al contrario, a acumularse en direccion vertical. Ya por esta circunstancia alcanzarian aquí los detritus una altura mucho mas grande que en la gran hoyada, dando lugar a que las aguas se estancaran, formando el lago de La Paz. Pero a esto se añade otra circunstancia mui importante, i es que el material proveniente de Illimani se ha encontrado en la quebrada con otra cantidad, quizas igual,

que venia bajando de Quimza-Cruz, aumentándose así i quizas duplicándose el espesor del material acumulado.

Al último me permitiré llamar la atencion sobre el hecho de que la demostracion hecha por Hauthal, de la gran profundidad de la quebrada preglacial, confirma por completo la idea mia emitida en varias ocasiones, que probablemente el actual lago Titicaca no ha existido en la época preglacial.

LORENZO SUNDT,  
Ingeniero de minas.



## El Fierro en Chile

### NUEVOS RECONOCIMIENTOS DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS DE MINERALES DE FIERRO DE CHILE.

#### CONSIDERACIONES JENERALES.

En mis publicaciones de estos dos años últimos sobre las minas de fierro y la siderurjia de Chile i principalmente en los informes que he presentado en mayo de 1911 i 1912 i en octubre de 1912 a los Congresos de «The Iron & Steel Institute» en Londres i en Leeds, he hecho conocer las riquezas de Chile en minas de fierro i en esta ultima escursión, acompañado del Injeniero don Nicomedes Echegaray, he podido apreciar los resultados de algunas investigaciones realizadas por los dueños de las minas i el valor probable de nuevos yacimientos.

Mis opiniones anteriores sobre la clasificación i formación de los yacimientos de fierro de Chile han sido confirmadas por esta última inspección.

Es evidente que muchos de estos depósitos estaban cubiertos por el mar i despues con los levantamientos que han constituido las Cordilleras i con la descomposicion de sus elementos primitivos han venido a aparecer en capas, manchas, stockwerks i crestones en las laderas o cúspides de los cerros.

Es así que en el departamento de Chañaral, a mas de 600 metros de altura encima del nivel del mar, hemos encontrado conchas marítimas modernas. Estas capas de minerales de fierro que, por efecto de los violentos levantamientos han tomado algunas veces las apariencias estratificadas de verdaderos mantos inclinados, pueden tener espesores mui variables hasta encontrar la masa porfídica o granítica estéril sobre la cual descansaba la formacion mineralizada.

*Solamente con sondajes* se podrá saber hasta dónde profundizan estas capas mineralizadas.

Los grandes trozos de óxido de hierro acompañados de pequeños trozos diseminados en la superficie del terreno i pegados en contacto íntimo pue-

den, algunas veces, hacer creer en la existencia de mantos o filones, mientras que en realidad no es sino un depósito superficial. Otros yacimientos presentan verdaderamente mantos i filones de óxido de hierro, no solamente de gran corrida i potencia en lonjitud, sino que presentan la misma riqueza en la direccion vertical.

En esta clase de formacion, que puede prolongarse a gran hondura en óxido puro de fierro, hai que tener casi siempre presente la probabilidad, que se ha visto ya, en muchos casos en Chile, que estos óxidos de hierro no sean sino un *sombrero o bonete* cubriendo minerales de cobre.

La presencia del cobre en estos minerales de fierro se manifiesta en varias formas:

Algunas veces, a pocos metros de hondura, la lei de los minerales de fierro alcanza 2, 3 i mas % de cobre (como en Pueblo Hundido, Cármen etc.) i sigue verticalmente el mineral bastante rico en cobre.

Otras veces se encuentran vetas o guias de minerales de cobre, i hasta minerales de mui alta lei de este metal, atravesando la masa del óxido de fierro o pegadas a las salbandas de las vetas o mantos, pero sin difundirse en esta masa i sin peligro que se encuentra lei de cobre en el mineral explotado para fierro.

Tambien el cobre puede encontrarse, como el fósforo i el azufre en ciertas zonas especiales de un yacimiento i desaparecer en las otras zonas en lonjitud u hondura.

Estas variaciones de cantidades i cualidades de los minerales de fierro en muchos yacimientos, indican la absoluta necesidad de hacer formales reconocimientos ántes de poder pronunciarse sobre el verdadero valor industrial de un yacimiento.

En un trabajo especial sobre las condiciones jeológicas de los terrenos en los cuales aparecen los yacimientos de fierro, podremos encontrar algunas luces para indicar las perspectivas probables de su verdadera importancia, i los medios mas apropiados para su reconocimiento.

El estudio, todavía incompleto, de los yacimientos de minerales de fierro de Chile, ya permite establecer mas o ménos una regla jeneral relativa a la ubicacion de estos yacimientos i de su importancia bajo el punto de vista industrial, comercial i siderúrjico en las varias zonas de la República.

En las provincias mas australes de la República, hasta ahora no se han encontrado minerales de alta lei en fierro i solamente limonitas bastante impuras.

Es solamente, dirijiéndose de sur a norte, a la altura de Parral (Provincia de Lináres) donde principian a manifestarse formales depósitos de fierro.

En las provincias del Centro, hai reconocidas minas de buenos minerales de fierro, pero jeneralmente de poca estension i demasiado distantes de la costa para que, por ahora, a la ménos, puedan dar lugar, para la esportacion al extranjero, a provechosas explotaciones.

Es principalmente en las provincias de Coquimbo i Atacama i al Sur de la provincia de Antofagasta donde existen los depósitos de verdadera i grande importancia.

Desde la zona Sur de la provincia de Antofagasta hasta mas al Norte, no se conocen, hasta ahora, sino mantos i vetas, algunas veces poderosas (como en Mejillones), de minerales de fierro siempre intensamente mezclado con el cobre u otros metales.

El resultado mas interesante de estos últimos estudios ha sido poder coordinar con mas precision las ubicaciones de los depósitos i llegar a establecer sus direcciones jenerales.

Las grandes corridas tienen la direccion S. N. i hasta ahora se han reconocido, a distancias bastante fijas de la costa, de Oeste a Este, tres de estas corridas.

Naturalmente las distancias respectivas a la costa, varían según las sinuosidades de esta costa i según las condiciones de levantamiento de los cerros que contienen los depósitos.

De un modo jeneral se puede decir que.

La primera corrida, se encuentra al Oeste, en la costa, desde la misma orilla del mar hasta diez i doce kilómetros al Este.

Como ejemplos citaremos los depósitos de:

«Tofo», «Juan Soldado», «Romeral», «Huachalalume», «Cifunchos», «Cachina», «Potrero» (Taltal), «Mejillones» (Cobrizos), etc. etc.

La segunda corrida entre veinte i ochenta kilómetros al Este:

«Infiernillos», «Dorado», «Tunillas», «Cristales», «Algarrobo», «Yeso», «Depósitos de Bodegas i Chamonate» (departamento de Copiapó), «Varillas», «Sierra Aspera», etc. etc.

La tercera entre 100 i 150 kilomts.:

«Provincia de Santiago», «Yacimientos de Illapel i Combarbalá», «San Marco», «Departamento de Elqui», «Potrero Seco» (Departamento de Copiapó), «Púquios», etc. etc.

Seria interesante en un mapa minero de la República, representar gráficamente las líneas que reúnen los varios yacimientos.

#### YACIMIENTOS DE MINERALES DE FIERRO DE LAS PROVINCIAS DE COQUIMBO, ATACAMA I ANTOFAGASTA

Antes de hablar de estos importantes yacimientos, daremos solamente, bajo el punto de vista ilustrativo i para coordinar las ubicaciones de los yacimientos, una descripción sucinta de un afloramiento de minerales de «Domuño», punto vecino del puerto de «Quintero» (Departamento de Valparaíso), que ha sido estudiado últimamente por nuestra comisión:

Arriba i en laderas de un cerro como a 400 metros, sobre el nivel del mar, i a 8 kilómetros de la costa en chistos arcillosos, aparecen algunos filones

como de 0. 40 mts. i 0. 20 de potencia de mui buen óxido de fierro olijisto i micáceo a la superficie.

Sobre la veta de 0. 40 mts. se ha hecho un pequeño pozo como de 2 mts. de hondura i un poco mas abajo un principio de socavón de 12 mts.

El fierro desapareció luego i se encontró una pequeña guia de mui ricos minerales de cobre de dirección 70 N. E.—S. O., la cual también luego desapareció i la labor quedó en terreno estéril.

Aún con estos pequeños reconocimientos, de pésimos resultados, conveniria talvez hacer algunos todavía, a mas hondura, pero mui limitados, en vista de la privilegiada situación del cerro de «Domuño», situado a poca distancia de un futuro ferrocarril i del Puerto de Quinteros.

#### PROVINCIA DE COQUIMBO.—DEPARTAMENTO DE SERENA

##### *Mina «Tofo».*

Los datos i previsiones de mi último informe presentado al Congreso de Leeds han sido plenamente confirmados por los últimos reconocimientos a hondura. hechos en esta tan importante mina.

En efecto, un socavon de atraveso colgando en hondura mas de 180 metros desde el afloramiento ha encontrado los mismos minerales de fierro que a la superficie, lo que ya permite asegurar una existencia de mas de 150 millones de toneladas de minerales.

Ultimamente, la gran Compañía Norte-Americana «La Betlehem» ha hecho un contrato con la Sociedad Altos Hornos para la compra durante 15 años, con prórrogas posibles, de los minerales del «Tofo» para la esportacion i en cantidades que pasarán seguramente de un millon de toneladas al año.

Esta esportacion no impedirá la produccion necesaria para la alimentacion en minerales de fierro del Establecimiento de Corral.

Esta esplotacion será hecha por un personal americano i la Sociedad de Betlehem va a gastar como ocho millones de dólares para completar el desarrollo de las esplotaciones, trasportes i embarques, i tambien para la escuadra de buques especiales que llevará los minerales de Chile a Estados Unidos.

##### *Minas de la zona de «Cristales».*

Segun los últimos datos recojidos por los Ingenieros de la Inspeccion de Minas i Jeografía, los señores Nicomedes Echegaray i Arturo Griffen G., quienes, para levantar el mapa de esta rejion, han tenido la ocasion de estudiar con toda atencion estos yacimientos, se debe atribuir una verdadera importancia a estos depósitos de «Cortadera», «Las Tazas», «Cristales», «Pleito», «Vencedora», «Los Barros», etc. Aunque todavía no existen trabajos de reconocimiento que permitan precisar avalúos o cubajes, pero en vista de las grandes existencias de trozos de minerales que cubren el suelo i de los numerosos i poderosos afloramientos, se puede contar con una formal esplotacion de minerales de esta rejion.

Estos Ingenieros piensan que seria mui fácil de llevar estos minerales a la

costa, aprovechando la Caleta de Chañaral, i es conveniente que el Gobierno, tanto para estos minerales de fierro como por los abundantes minerales de cobre de esta rejion, se preocupe del estudio de un ferrocarril transversal, desde un punto determinado del Lonjitudinal (Estacion de Domeyko, a 72 kms. al sur de Vallenar), hasta la costa, a Caleta Chañaral.

Tambien seria mui conveniente que el Gobierno haga ejecutar por sus ingenieros formales sondajes en esta zona.

Parece que varias muestras han dado como 60% en lei de fierro (i algunas tenian elevada lei de cobre), pero talvez independientes de la masa del fierro.

### *Minas de «Juan Soldado»*

En mis publicaciones anteriores se ha reproducido parte de los informes de los injenieros, que durante estos últimos años han estudiado esta rejion, queyo habia reconocido hace tiempo.

Algunos reconocimientos practicados en pertenencias de «Juan Soldado», principalmente en la parte denominada «Chacay» i mas al Sur en «Jardin» (Quebrada Honda) han probado que, en estos dos puntos, el depósito no era sino superficial i las zancas practicadas han llegado inmediatamente al terreno estéril.

En estos cerros de «Juan Soldado», como a 25 klms. al N. E. de Serena, se ven ahora escarpes de 30 metros de ancho sobre una lonjitud de 700 metros, por intervalos, i con una hondura de 0.40, con presencia interrumpida de óxido de hierro; los pozos están hechos en terreno estéril.

En las caidas de la falda Sur, aparecen algunos farellones de 2 a 3 metros de potencia de algun interes.

En el Portezuelo de «Juan Soldado» hai una veta de 1 metro de ancho, que no ha sido reconocida.

En el cerro llamado «Lomas de Pino» en una estension interrumpida de 20 metros de ancho por 300 metros de lonjitud corren varias vetas.

En esta rejion se notan muchas vetas S. N. atravesando la quebrada de «Juan Soldado» i otras vetas haciendo cruceros con los primeros, pero sin ningun reconocimiento.

Al Sur del «Romeral», pasando la quebrada, hai la zona del «Trigo», con vetas encapadas que parecen la continuacion de las vetas del «Romeral»; se encuentran unas vetas de 10 a 12 metros de potencia de buena apariencia.

Entre «Romeral» i «Juan Soldado», se encuentra la quebrada del «Cepo», «Rincon de las Minas», con afloramientos de vetas de minerales de fierro de 2 a 3 metros de potencia de buen fierro i sin cobre.

En el «Chacay», no hai sino vetillas angostas sin valor.

Hemos ido a visitar unas pertenencias llamadas del «Jardin» al N. E. de «Quebrada Honda», como a 45 kilómetros al Norte de Serena, solamente a 2 kilómetros de la orilla del mar.

Algunos bolones de óxido de hierro i granallas pegadas al suelo habian hecho creer en la prolongacion de una vetita de fierro que se encontró en un cerro vecino, pero varias zancas ejecutadas en este terreno no han descubierto sino

tierra bruta, ménos en una zanca en que aparecen las señales de una vetilla in-significante.

El punto de embarque para estos minerales de «Juan Soldado», i otros vecinos, sería algunas de las caletitas al Norte de «Quebrada Honda».—Es difícil, por ahora, pensar en sacar algun provecho de estos yacimientos de «Juan Soldado», compuestos de vetas separadas, distantes i sin ningun trabajo normal de reconocimiento todavía.

El principal inconveniente sería tener que explotar vetas, en jeneral de poca potencia, por labores cerradas, lo que haría subir mucho el costo de explotación.

#### *Minas del «Romerol»*

Tambien se ha hecho una descripción de estas minas en mis publicaciones anteriores.

Se sabe que este grupo de minas está situado a 3 kilómetros al Sur de «Juan Soldado» i como a 15 kilómetros al Este de «Punta Teatinos».

La anchura de la superficie cubierta de trozos de óxido de fierro será como de 250 metros por 1 kilómetro de largo, dividido en dos grupos.

Como nuevos reconocimientos, se han hecho en sentido perpendicular unas a otras, zancas de 1 a 2 metros de hondura, en los remates de las cuales se han encontrado mui buen óxido de fierro i tierras mui ricas en granallas de fierro.

Convendría hacer sondajes para poder darse mas cuenta de este yacimiento, el mas interesante de la Rejion como abundancia i cualidad de minerales, de fácil i económica explotación.

Ya con lo que se ha reconocido, se puede decir que a la vista hai mas de quince millones de toneladas de buenos minerales de fierro.

El punto de embarque mas vecino sería la «Punta Teatinos», pero actualmente esta caleta es pésima i habría que hacer trabajos de protección contra los vientos del Sur.

Por ahora el solo puerto de embarque conveniente sería el puerto de Coquimbo.

#### *Minas del departamento de Ovalle*

*Mina «Infiernillo».*—Saliendo de Ovalle en la dirección de Punitaqui i como a 15 kilómetros, pasando el Portezuelo de «Cruz Colorada» se encuentran en las laderas i cumbres de cerros situados al Oeste del camino carretero de Punitaqui, principalmente en el punto llamado «Piedra Rodada», interesantes depósitos de óxido de fierro en dirección S. E.—N. O.

Se ha hecho el trazado de un ferrocarril de Punitaqui a Ovalle que pasará al pie de estos cerros.

Hai a la vista grandes farellones de buen óxido de fierro i numerosos rodados de este mismo mineral.

La gradiente es N. E.—S. O.; del otro lado del cerro se encuentran minas de cobre. Es en el yacimiento norte donde se encuentran algunos minerales de fierro mezclados con cobre.

Una de estas minas de cobre es reconocida a 15 metros de hondura. El principal afloramiento de fierro está mas al sur. La superficie de esta propiedad minera es de 25 hectáreas.

#### *Mina «Dorado»*

Tengo poco que agregar a mis descripciones anteriores, i cuya exactitud ha sido confirmada por nuestra última i detenida visita con el señor Echegarai.

Hemos recojido datos de testigo ocular sobre la hondura del gran pique perforado por un señor Camilo Guerrero, pozo de 60 metros de hondura, hoi aterrado, i cuyos planos estaban en *muy puro óxido de fierro*.

El señor Echegarai ha podido examinar los planes hábiles del chiflon de mas de 40 metros de hondura, hecho sobre un pequeño afloramiento de minerales de cobre, i en estos planes ya se ven cuatro metros de potencia de veta o manto de buen mineral de fierro puro i convendria prolongar una estocada al remate del chiflon para reconocer hasta dónde se prolonga el óxido de fierro puro i sin cobre.

Ya con los afloramientos, sus alturas encima del llano i los reconocimientos en hondura, se puede avaluar muchos millones de toneladas de minerales de fierro, pero convendria reconocerlos mas, por otros trabajos rápidos i económicos al norte i principalmente al Sur.

Al pié del cerro en la zona Sur a 4 kilómetros del chiflon del cobre se han hecho pozos de cuatro metros de hondura en muy buen óxido de fierro i convendria prolongar uno de estos pozos en hondura como trabajo de reconocimiento.

De arriba del cerro del «Dorado» se divisan los yacimientos de «Infiernillos».

Habria que tender 7 kilómetros de rieles para empalmar con el ferrocarril de Trapiche a Tongoi, a cuatro kilómetros de Ovalle.

La distancia de Ovalle a Tongoi es de setenta i ocho kilómetros i de Ovalle a Trapiche quince kilómetros.

Una vez hecha la transformacion de la via férrea (suprimiendo la fuerte gradiente de la cuesta de Cardas) entre Ovalle i Coquimbo, talvez convendria mas embarcar los minerales del «Dorado» a Coquimbo (104 kms.), en lugar de Tongoi.

Las tarifas, en esta provincia, para minerales de cobre o de fierro por carros completos son bastante reducidas i son de \$ 0,00182 por 100 kilos i kilómetros, o sea: 0,0182 por tonelada métrica, con un recargo de 20%.

Así el flete de «Dorado» a «Tongoi» actualmente seria como \$ 1.80 la tonelada, pero se podrá reducir a ménos de \$ 1.50.

De Ovalle a Coquimbo el flete actual seria como de \$ 1.90 la tonelada.

#### *Minas «Tuni las»*

Como a 33 kilómetros de Coquimbo, cerca de Islon (13 kms.) i en la vecindad inmediata del kilómetro 13.500 del Lonjitudinal, en panizos cupríferos aparecen manifestaciones de óxido de fierro.

En varias partes el cobre es mezclado con el fierro i tambien el mineral es bastante silicoso, pero, en vista de su situacion, seria interesante reconocer en hondura si no se mejoran las condiciones de estos minerales.

El flete de la tonelada desde «Tunillas» hasta Coquimbo, no pasaria de setenta centavos billetes.

En esta misma provincia, a poca distancia de la línea del ferrocarril de Serena a Vicuña, en el centro minero «Las Cañas», en la rejion de las minas de manganeso trabajadas anteriormente por el señor Joaquin Naranjo, convendria hacer un estudio de esta rejion, bajo el punto de vista del óxido de fierro manganesífero.

#### PROVINCIA DE ATACAMA

##### *Minas del «Yeso»*

En el departamento de Vallenar, a 30 kilómetros de esta ciudad, sobre el camino de Vallenar a «Manganeso»: Al oeste del deposito del «Yeso», arriba de un cerro, se divisan, desde léjos, manchas negras de óxido de fierro, que, encapadas, reaparecen en otros cerros vecinos, pero sin reconocimientos que puedan dar idea de su importancia.

##### *Grupo «Huanteme»*

Dos pertenencias de cinco hectáreas, a las caidas orientales del cerro de Huanteme entre éste i los yacimientos del Yeso; a 15 kilómetros Norte de la estacion «Maitencito» de Vallenar a Huasco.

Hai dos manchas de óxido de fierro, repartido sobre el terreno i probablemente superficiales. La mas grande tiene como 60 metros de ancho por 100 de largo, la mas chica: 80 largo por 15 ancho.

Son hematitas pardas con magnetitas.

En los avalúos, talvez es prudente de no dar mas de un metro de hondura a este depósito.

##### *Grupo «Rosita»*

En el departamento de Freirina, a 3 kilómetros al Norte de la anterior.

Hai cuatro pertenencias, con manchas irregulares, i de una estension de 300 metros de largo por 15 metros de ancho.

Tambien son hematitas pardas i magnetitas.

A 200 metros al NO. de este grupo, hai la pertenencia «Valdivia» de fierros sueltos sobre una estension de 100 metros de largo por 15 a 20 metros de ancho.

##### *Grupo «Mantos»*

Situado a 8 kilómetros al poniente de «Rosita» i al costado oriental de la gran veta «Manganeso».

La última pertenencia «Beatriz» tiene su corrida a 200 metros de la veta «Coquimbana» a la estremidad sur; hai 12 kilómetros de distancia a la mina «Coquimbana». Esta corrida tiene carácter de veta i debe ser una ramificacion de la veta «Coquimbana».

Sus minerales deben tener manganeso.

Esta veta tiene como 2 kilómetros de corrida por 5 metros i mas de ancho. Hai pocos rodados.—Son hematitas pardas i rojas impuras.

Se componen de seis pertenencias, con pozos de ordenanza fuera de la veta.

En el centro, hai una mina de cobre de 30 metros de hondura, en la cual al costado Este se ha explotado una guia de cobre.

#### *Minas «Chañar Quemado»*

Es el grupo mas interesante de todas estas minas, pero parece que la parte mas rica de cinco hectáreas de superficie está pedida i mensurada por otro poseedor que el de los otros grupos anteriores.

Situado a 3 kilómetros al NE. de «Mantos».

El núcleo principal tiene como 100 metros de largo por 40 metros de ancho en buenos minerales de magnetitas.

Hai a la vista en los terrenos vecinos como 40,000 toneladas de rodados de buen óxido de fierro.

En realidad, en ninguno de estos grupos hai un solo reconocimiento que permita de dar la *menor opinion* sobre su futura importancia.

#### *Grupo «Santa Lucía»*

Sigue al norte de «Chañar Quemado», trasmontando el portezuelo de la mina «Coquimbana» como a 1 kilómetro de esta mina.

Tiene pocas manifestaciones de partes mineralizadas.

El mejor reventon tendrá 80 metros de largo por 20 de ancho. No hai rodados.

Las manchas son irregulares.

El punto mas interesante para un sondaje seria en «Los Mantos».

#### *Mina «Los Colorados»*

Al norte de la mina de manganeso «La Negra» como a 1.1/2 kilómetro de la línea del ferrocarril a Carrizal.

Estos depósitos parecen los mejores i mas abundantes de toda la rejion i merecen ser tomados en consideracion.

---

Creo que por ahora, a lo ménos, no hai que pensar en sacar partido de estos yacimientos en jeneral, tanto por su poca importancia, como por las cualidades inferiores de sus minerales i principalmente por las dificultades i costos de transporte, sea hasta Huasco, sea hasta Carrizal.

Habria para eso que ejecutar mui grandes i costosos ferrocarriles o cables aéreos.

Pero habria talvez una escepcion para los grupos de «Mantos», «Chañar Quemado» i principalmente «Los Colorados», cuestion sobre la cual no podemos emitir opiniones positivas, en vista de la ignorancia de la cantidad i cualidad de los minerales en hondura.

---

Al NE. de estos yacimientos, en el llano de los «Lagartos» (10.<sup>a</sup> Subdelección del Departamento de Vallenar), a 2 kilómetros de la estación Algarrobal del kilómetro 45 del ferrocarril de Vallenar a Copiapó, se encuentra un cerrito en el cual, bajo una pequeña capa de arena, aparece en todas partes un óxido de hierro macizo.

El reconocimiento de este yacimiento es interesante.

#### DEPARTAMENTO DE COPIAPÓ

##### *Mina «Potrero Seco»*

A 123 kilómetros del puerto de Caldera.

A 700 metros de la estación de «Potrero Seco» del ferrocarril de Copiapó a Pabellón.

Estos yacimientos irregulares aparecen en los terrenos de contacto jurásicos i porfídicos.

Arriba de cerros parados i escarpados, a 720 metros de altura sobre el nivel del mar, existen crestones o farellones de óxidos de hierro magnéticos, olijistos i micáceos, algunas veces muy revueltos con criaderos de silicio, anfífolas sienitas.

El levantamiento ha sido N. S. con estratas de pórfidos impregnados de óxido de hierro.

Los dueños de estas minas piensan luego hacer reconocimientos formales en ellos, lo que es indispensable, porque no hai nada en claro a la vista actualmente.

##### *Minas de «Chamonate»*

Son yacimientos, en la hacienda de Chamonate, vecina de Copiapó, situados como a 4 kilómetros de una pequeña estación llamada «Carpa IV».

Hemos examinado un cerrito cubierto de una capa delgada superficial de granallas de óxido de hierro, en una masa porfídica atravesada por un farellón de 2.50 metros de ancho i hai afloramientos de mantos botados al Norte i al Sur por el solevantamiento del dyke.

Mas al Norte hai otros filones como de 3.50 metros de potencia de buenos óxidos de hierro.—Algunos de ellos contienen manganeso.

Hai algunos rodados.

##### *Yacimientos de «Ramadilla»*

A 63 kilómetros del puerto de Chañaral.—Primer yacimiento a 4½ kilómetros al SO. de la vía férrea.

Afloramiento poco importante en una puntilla que mira a la quebrada de Veras.—Crestones sucesivos: el principal tiene 50 metros de largo por 6 metros de ancho.

Las muestras son de óxido de hierro pobre en hierro i con bastante silicio.

Hai otro yacimiento a seis leguas al SO. de «Piedra Colgada».

*Yacimientos de «Bodegas»*

A 75 kilómetros del puerto de Caldera i a 4. 1/2 kilómetros al SE. del paradero de Bodegas.

Hai farellones o crestones sucesivos bastante altos encima del terreno e interesantes—muchos rodados.

Minerales magnéticos mui puros.

Alrededor hai minas de cobre con criadero de carbonato de cal.

El primer afloramiento tiene 60 metros de largo por 25 de ancho. El segundo al Sur—100 m. x 40; hai un tercero del mismo tamaño con muchos rodados. Estos depósitos están a 280 metros arriba del valle, lo que permitiría una instalación de un cable aéreo.—Existen otros farellones de fierro.

Convendría mucho que el Gobierno hiciera practicar sondajes en uno de los llanos, conteniendo estos yacimientos, como el de Chamonate, por ejemplo, lo que permitiría a la vez reconocer los minerales de fierro en hondura i descubrir importantes vertientes de agua a ciertas honduras, elemento vital para estas rejiones.

*Minas de «Granate»*

Están en la Sierra del «Buitre», en la rejion de «Tierra Amarilla», a 4. 1/2 kilómetros de la línea del ferrocarril.

Hai una veta de tres metros de potencia con una corrida visible de 400 metros.—Los minerales, en varias partes de la corrida, tienen manchas cobrizas.

*Minas de «Portezuelo Negro»*

En la sierra de «Galleguillos», a 30 kilómetros de Copiapó, cerca del Morado e igualmente a 30 kilómetros de la orilla del mar o de la caleta de «Obispito», a donde se han embarcado muchos minerales de cobre.

Ya se han reconocido muchas vetas de 4 metros mas o ménos de potencia cada una, i seria interesante hacer un sondaje para ver si estos varios afloramientos superficiales se reunen en una sola masa de óxido de fierro a mas hondura.

En una estension como de 100 metros de largo por 20 de ancho hai bastantes rodados.

Luego se va a hacer una inspeccion detenida de estos yacimientos, pudiendo producir muchos minerales, al parecer manganesíferos

## DEPARTAMENTO DE CHAÑARAL.

*Minas de la Varilla*

Estas grandes e importantes minas de fierro, concedidas hace poco tiempo, están situadas en un cerro elevado (el pié del cerro está a 400 metros sobre el

nivel del mar i la cumbre a 610 metros) a 9 kilómetros de la estación del «Vetado» del ferrocarril de Chañaral a «Pueblo Hundido», estación que dista 13 kilómetros de distancia del Puerto de Chañaral.

La orientación jeneral de los farellones, mantos i vetas es S. N.

Los afloramientos de poderosos farellones o dykes de óxido de fierro macizo se manifiestan sobre una longitud de 2.  $\frac{1}{2}$  kilómetros i la potencia de estos vetarrones que se ramifican en vetas como de 10 metros, pasa en algunas partes de 60 metros.—La altura de los crestones al sol, con penetracion en forma de vetas manteadas con sus salbandas en el terreno, es en término medio de 2  $\frac{1}{2}$  a 3 metros.

De los lados del cerro i en los cerros vecinos se ve el suelo cubierto de granallas, pedazos i bolones (alcanzando dimensiones considerables) de puro óxido de fierro i se puede avaluar estos pedazos sueltos a la vista en mas de 500,000 toneladas.

Desde arriba de los cerros i dando vuelta por el camino que conduce a Cerro Negro, parándonos en el pozo antiguo de «Varillas», hemos podido observar que estos vetarrones se prolongan mucho al norte i que hai ramificaciones en todos los cerros vecinos.

En la pertenencia situada a la estremidad norte i llamada «María», se encuentra un chiflon en el cual, al costado este del vetarron de fierro i a 40 metros de hondura, existe una veta de cobre como pegada a este vetarron, pero sin penetrarle i los minerales del vetarron de fierro no contienen señales de cobre.

En toda la estension de las corridas se notan baños cobrizos, pero que no penetran en la masa de óxido de fierro.

Seria fácil por un cable aéreo de mas o ménos 9 kilómetros de largo, bajar estos minerales a la estacion del «Vetado» i sea por ferrocarril del Estado o por ferrocarril particular de 13 kilómetros, llevarlos al puerto de Chañaral.

Tambien directamente por un cable aéreo directo i de fuerte gradiente, de 22 kilómetros de largo, se podria llevar estos minerales al puerto de Chañaral.

Será fácil, rápido i de poco costo, como lo hemos averiguado con el injeniero hidráulico francés, que construye actualmente un malecon para lanchas, arreglar a la punta de la prolongacion del desembarcadero del ferrocarril una defensa contra los vientos del sur i construir un muelle para hacer atracar buques de gran calado.

### *Minas de la rejion de «Cármén» i «Sierra Aspera»*

Como a 12 kilómetros al oeste del «Pueblo Hundido» i a pocos kilómetros de la via férrea se ha pedido recién concesiones de minas de fierro de escelente calidad i en las cuales existen poderosos fallerones de óxido de fierro i abundantes rodados.

Luego se hará un estudio completo de estos yacimientos, mui bien situados.

## PROVINCIA DE ANTOFAGASTA.—DEPARTAMENTO DE TALTAL

*Minas de fierro de Cifunchos*

Están situadas como a 14 leguas al sur de puerto de «Taltal», a 12 kilómetros de la caleta bien conocida de «Cifunchos» i a una altura como de 100 metros sobre el nivel del mar.

Hay de manifiesto cinco vetas de 2 metros de potencia cada una sobre una corrida S. N. de 2,000 metros.

Las muestras indican un buen óxido de fierro.

Hai otro yacimiento llamado «El Vetado», mas o ménos a 4 kilómetros al norte de «Cifunchos» con vetas de direccion E.O. de  $1\frac{1}{2}$  a 2 metros de potencia.

Actualmente se está haciendo un reconocimiento de esta zona.

En la rejion se encuentran leñas i agua.

*Mina «Cachina»*

Hai poco que agregar a mi descripcion anterior.

Estos depósitos, situados a 7 kilómetros al este del puerto de Taltal, alcanzan, en la pertenencia «Miramar» una altura de 600 metros.

El rumbo jeneral de las corridas es 40° NO. SE. con inclinacion bien marcada al oeste.

En la pertenencia «Salvadora» ya se ha reconocido un espesor de 3 metros a rajo abierto, siguiendo el óxido de fierro puro al piso, no sabiendo todavía hasta dónde irá esta anchura del manto, i este rajo está descubierto sobre una lonjitud de 15 metros.

Los minerales compuestos en varios puntos de hematita roja son de buena clase.

Sobre esta corrida, al norte de la «Salvadora» se encuentran: La Esplotadora, Miramar, Valparaiso, i al sur: La California i Méjico, con una lonjitud de 3 kilómetros.

En toda esta lonjitud i en los costados, pero con interrupciones, probablemente solo superficiales, se ven lindos afloramientos de óxido de fierro.

La explotacion podrá hacerse económicamente a rajo abierto.

El embarcadero de los minerales, que se podrá fácilmente llevar desde este centro minero situado al SE. de Taltal por cable aréreo, se haria (como los minerales de Potrero) en la escelente caleta de «Hueso Parado» en la bahía de Taltal.

*Mina «Potrero», (cerca de quebrada San Ramon)*

Como para la anterior, tengo poco, despues de esta nueva visita, que agregar a lo indicado en mis publicaciones anteriores.

Un cable de 500 metros se llevaria directamente los minerales de fierro a la Caleta de «Hueso Parado» i precisamente son estas condiciones de una situa-

cion tan favorable, a la misma orilla del mar i en altura, i cerca de una caleta tan buena, que hacen mui interesantes estos yacimientos.

La altura de la «Vencedora» está a 250 metros encima del nivel del mar.

La de la «Chile» que da vista al mar es de 150 metros.

La Norte Magnética (a 5 kilómetros de distancia) está a una altura de 650 metros.

La orientacion de los yacimientos es de 40° NO.—SE.

Sobre las corridas de «Vencedora», «Alemania», «Chile» i «Meklemburgo».

Por ahora, los caracteres mas claros se manifiestan en las pertenencias «Alemania» en un rajo de 3 metros sobre 10 metros de largo en excelentes minerales de fierro.

En la «Vencedora» el pozo ya indica cuatro metros de buen óxido, sin saber a dónde concluye.

Hai varias interrupciones i fallas en toda esta rejion i es probable que a cierta hondura, i es lo que hai de interesante por reconocer, todos estos afloramientos se reunan en una misma formacion de manto o de veta.

Hai pocos rodados én este grupo.

La «Norte Magnética», distante 5 kilómetros en línea recta de este grupo, tiene la misma orientación.

Entre uno i otro depósito hai numerosos afloramientos de vetas de 0.50 metros a 2 metros de potencia, algunas veces de óxido de fierro cobrizo.

En esta «Norte Magnética» existe un afloramiento de cincuenta metros de largo por 100 metros de ancho.

Hai muchos i grandes rodados.

Este grupo no da vista al mar i hai que trasmontar un portezuelo.

Volviendo al primer grupo haremos notar que en la mina «Palermo» hai una verdadera veta de tres metros de potencia que viene a cortar en la pertenencia «Chile», el primer depósito.

Su direccion es E. O. con manteo al Sur.

Seria sumamente interesante de hacer formales sondajes en toda la zona del primero i segundo grupo i mas al Norte.

---

Actualmente se preparan cateos, segun indicaciones de buen oríjen, para buscar grandes depósitos que se sabe existen en el desierto del Norte a poca distancia de la costa.

Seguramente falta mucho todavía para conocer todos los yacimientos de fierro de Chile, tanto en el sur como en el Norte, pero ántes de preocuparse de los yacimientos de fierro todavía por descubrir, conviene mas bien estudiar i reconocer los yacimientos ya descubiertos i darse cuenta de sus verdaderos valores.

CARLOS VATTIER.

N. Echegarai, Injeniero Ayudante.



## Memorándum de los asientos i grupos mineros de la República de Bolivia

Reseña presentada a la Esposicion Internacional en Gante por la Direccion General de Estadística i Estudios Jeográficos

### EL ORO

Si bien el oro está mui repartido en el territorio de la República, las empresas constituidas para su explotacion son únicamente las siguientes:

«Empresa Chuquiaguillo», a los 7 kilómetros de la ciudad de La Paz. Consta de 1.161 hectáreas en ámbas márgenes del rio Orco-Jahuirá i pertenece a un rico sindicato Norte-Americano.

«Compañía Aurífera de Palca», en el rio Chilicoya de la provincia del Cercado de La Paz. Pertenece a una empresa particular i por falta de capitales no impulsa sus labores.

«The Incahuara Dredging & Co.», poderosa empresa que está situada en las playas del rio Huanay, provincia de Larecaja. Hace grandes trabajos de preparacion actual para explotar en gran escala los lavaderos.

Rio Tipuani. En esta rejion existen los riquísimos lavaderos de Romanplaya, Gritad, Chuquini, Ancota i Chuchiplaya. Su explotacion es mui reducida por falta de capitales.

«Olla de Oro Gold Mining Limited», rica empresa perteneciente a un sindicato constituido en Lóndres con fuertes capitales i que se encuentra ubicada en los cerros de Umabamba, provincia de Sur Yungas. Es empresa de gran porvenir.

«Compañía Araca», situada en la provincia Loaiza, mui rica en oro, pero que sus propietarios por dedicarse totalmente a la explotacion del estaño, no se ocupan de la del oro.

«Chuquircamiri». Rejion sumamente rica en vetas i placeres de oro, pero que se encuentra abandonada por la distancia i malos caminos.

En el departamento de Santa Cruz las rejiones auríferas son las de Santa Rosa, San Javier, Concepcion, Tucabaca, Santo Tomas, etc.

En el departamento del Beni es indudable que el lecho de los innumerables afluentes del Beni i el Mamoré arrastren grandes cantidades del precioso metal.

El Departamento de Oruro cuenta con los minerales auríferos de Iroco i la Joya.

El Departamento de Cochabamba tiene los ricos veneros i placeres auríferos de Choquecamata, Santa Elena, Cocapata i Cotacajes, mui conocidos de

antiguo por su enorme riqueza. abandonados actualmente por falta de capitales.

En el departamento de Potosí, existen los ricos minerales auríferos de Amaxapampa, Poconota, Chocaya, Esmoraca, Portugaleta, i Rio San Juan del oro.

En el Departamento de Chuquisaca, se encuentran las formaciones auríferas de Pilaya, Malmisa, Apoquisani i Maragua.

#### PLATA

Todo el territorio de la República contiene formaciones arjentíferas de gran desarrollo i riqueza, pero la mayor parte de esos minerales están, sino del todo abandonados, al ménos con trabajos reducidos.

En el Departamento de La Paz, se encuentran los minerales de Colquiri, Capiñata, Chuquichambi i Hucamarini, ademas de Sayaquirá i Cavari en la provincia de Inquisivi; Laurani, Pacuani, Sasari i Chuacollo en la provincia de Sicasica.

El Departamento de Oruro es, despues del de Potosí, el mas rico en sus formaciones arjentíferas. En la provincia del Cercado se encuentran las ricas i poderosas empresas de El socavon de la Virjen, Compañía Minera de San José i la Tetilla, esta última en actual para.

En la provincia de Paria se encuentran los minerales de Santo Judío, Pampa-Rosario, Cataviri i Trinacria. Los minerales de Condo, en la provincia de Abaroa, los de Carangas i Negrillos en la provincia de Carangas, son de gran fama por las inmensas explotaciones a que dieron lugar en época del Coloniaje.

El Departamento de Potosí es el que cuenta con mayor número de ricos minerales de plata; pues en él se encuentra los famosos asientos mineros de Huanchaca, Aullagas, Ocuri, Porco, Guadalupe, Portugaleta, Carguaicollo, Chorolque, Tomave, Lipez, Andacaba, Chachacomani, Turqui i sobre todo el Cerro de Potosí que tanto nombre ha dado al Alto Perú i tantas riquezas a la Corona de España en tiempo del coloniaje (1).

En la provincia del Cercado, se encuentran las importantes empresas de Soux, Hernández i C.<sup>o</sup>, Bebin Hermanos, Alurralde i otras que hacen explotacion actual en gran escala, a la vez que producen el estaño contenido en cabe-ceras, todas ellas ubicadas en el cerro de Potosí. La Compañía Huanchaca de Bolivia, en la provincia de Porco, es talvez la mas notable en Bolivia por las completas i costosas instalaciones i las labores de largo aliento interiores que tiene. En la provincia Lináres son de importancia las empresas Andacaba i el Carmen, que actualmente están en para por la falta de capitales. La provincia de Sur-Chichas comprende los ricos minerales de Portugaleta, Esmoracas Chocaya, Chorolque, San Vicente, Atocha, Estarca, Talina i Tasña, con labore-en pequeña escala. En la provincincia de Lipez se encuentran los ricos mine-

(1) El señor don Vicente Ballivian i Roxas, en su «Archivo boliviano» dice que la produccion de plata en el Cerro de Potosí, desde su descubrimiento, en 1545 hasta el año 1864 alcanzó a la enorme suma de 3,631,128,362 pesos oro.

rales de San Cristóbal, San Antonio, Santa Isabel, Guadalupe, Coya-huasi i Uturunco, tambien con labores de poca importancia.

En el la provincia de Chayante se encuentran los mui ricos i de antiguo conocidos mineralesde Colquechaca, que despues de haber dado injentes producciones en rosicler, se aguaron, interrumpiendo así la continuacion de sus labores que actualmente están de para.

El Departamento de Cochabamba tiene tambien los minerales arjentíferos de Ayopaya i Arque, que por la falta de capitales, se encuentran sin trabajo.

#### COBRE

La rejion cuprífera de Bolivia es perfectamente definida en una zona que abarca gran parte de la provincia de Pacajes en La Paz, i la provincia de Carangas en Oruro, fuera de que tambien se encuentran esas formaciones al S. del Departamento de Potosí.

Las principales empresas de cobre son: en La Paz, la Compañía Corocoro de Bolivia, la Corocoro United Copper Mines Ltd., el Gran Poder, Callapa, Caquiaviri, Calacoto i La Chacarilla, en la provincia de Pacajes. Lauran, Pacuani i Ayoayo, en la provincia de Sicasica, i las formaciones cupríferas de Quime, Ichoca, Cavari i Mohoza en la provincia de Inquisivi. En el Departamento de Oruro son ricos los minerales de Turco, Yarvicoya, Turuqueri i Changamoco de la provincia de Carangas. Los de Caracollo, Conde-Auqui i La Joya en la provincia del Cercado, i los minerales de Condo en la provincia Abaroa. Potosí posee los minerales de Culchucani, en la provincia Frias, los de Talina i Portugaleta en Sur-Chichas, los de Vichoca i Sivingani en Nor, Chichas, los ricos minerales de Cobrizos i Colpani en Nor-Lípez i los de Huan-cané en Sur-Lípez.

#### ESTAÑO

Este mineral, que es el que constituye actualmente el principal motor de las industrias extractivas de Bolivia, es el que mas se encuentra expandido en el territorio de la República, en for naciones perfectas i contínuas.

Los principales lugares de su explotacion son los siguientes: En el departamento de La Paz, las minas de Huaina-Potosí i Milluni; las minas de Calahuyu, Providencia i Japajopo, en la provincia del Cercado; las de Araca, San Andres, Monte Blanco, Mallachuma i Yaco en la provincia Loaiza; la Concordia, la Coya, Colquiri, Sayaquira, Santa Rosa i The La Paz Mining C.<sup>o</sup> Ltd. en la provincia de Inquisivi. La mayor parte de esas empresas hacen actualmente explotaciones de gran valor i constituyen un poderoso elemento de desarrollo jeneral.

El Departamento de Oruro cuenta con los minerales de estaño de El Socavon de la Virjen i sus dependencias, Morococala, Negro Pabellon. San Salvador, Huanuni i el Japu, en la provincia del Cercado. Antequera, el Acre, Totoral, San Pablo, Magariños i Avicaya en la provincia de Poopó.

El Departamento de Potosí cuenta con las ricas formaciones estaníferas

del Cerro Rico i Collahuasi en la provincia del Cercado. Los asombrosos minerales de Uncía i Llallagua en la provincia Bustillos, minerales que sin duda son los primeros del mundo por la lei subida de sus metales, la potencia de sus vetas i la bondad i persistencia en su produccion. El Pujro, Ocurí i Maragua en la provincia de Chayanta. Cerrillos, Agua Santa, Carguaycollo i Tasna en la provincia de Porco. Quechisla, Chorolque i Chocaya, en la provincia Nor-Chichas-Palcahuasi, Oplaca i Chocaya, en la provincia de Sur-Chichas.

El Departamento de Cochabamba cuenta con los minerales estaníferos de Colcha, Tucsuhuma, Berenguela i Jatuncaca, en la provincia de Arque, i Cami en la de Ayopaya.

#### WOLFRAM

Este mineral que se encuentra en el estado de Tungstato de fierro existe en formaciones mas o ménos perfectas en Caluyo, provincia de Inquisivi, Yacacachi de la provincia Sur-Yungas. Oro ruo tiene los minerales de wolfram de Conde-Auqui. Cochabamba los de Ayopaya, i Potosí los del Chorolque, Chocaya i Tasna.

#### CRIADERO DE LOS METALES O SEA MIMERALIZACION DEL SUBSUELO

I. Entre los paises que abastecen con minerales al mercado mundial, Bolivia ocupa un lugar importante. No solo la cantidad de los minerales explotados, sino tambien la variedad de los que se encuentran, hacen que este pais llame la atencion en el exterior.

De ámbas cordilleras—la occidental i la oriental, la de la costa i la Cordillera Real, solo tiene importancia para las riquezas mineras de Bolivia—la Cordillera Real.

Entre ámbas cadenas de montañas se alza el verdadero altiplano, que contiene los grandes yacimientos de bórax i salitre. En parte pertenecen éstos aun a Bolivia.

La Cordillera Real estuvo formada primitivamente por diferentes rocas sedimentarias que se han estendido ántes horizontalmente o mui aproximado a ello.

Estas rocas son: pizarras negras, verdes i verduzcas, areniscas rojas i verdes, en partes conglomerados toscos i menudos, piedra caliza i dolomitas, i en algunos sitios, el mármol. Aunque ménos frecuentemente se presentan tambien yacimientos de yeso. Todos estos sedimentos pertenecen, en su mayor parte, a la formacion siluriana, que se han depositado encima de capas cámbricas i tienen por base los granitos mas antiguos que en partes, como por ejemplo en el Illimani, se presentan en la superficie.

Estas pizarras silurianas i areniscas están superpuestas en unas pocas regiones por capas ménos poderosas del devoniano i de la época carbonífera, superponiéndose a veces, estas últimas, directamente sobre formaciones mas antiguas.

No cabe duda de que existen formaciones mas recientes, especialmente la permiana i terciaria, la primera en las rejiones de Corocoro i Carangas. Todas

estas capas están cubiertas, principalmente en lugares mas profundos, por capas diluviales i aluviales.

La pobreza relativa en fósiles, con escepcion de las capas devonianas, dificulta mucho la determinacion de la edad de las formaciones i solo observaciones prolijas podrian constatar la existencia de otras capas.

Esta planicie que ántes fuera plana i que ahora constituye el altiplano i las cadenas de montañas bolivianas i de otros paises vecinos, fué completamente trasformada por dos grandes cataclismos—erupciones que convirtieron al terciario, en terciario posterior i el glacial en diluvial.

Las erupciones que se presentan en toda la América del Sur, han formado montañas colosales, con cuyo motivo toda la parte plana ha tomado un aspecto completamente distinto.

Se han formado montañas mui altas, valles i quebradas; fueron lanzadas grandes masas de rocas eruptivas del interior de la tierra, el conjunto de capas ántes abovedado fué atravesado, levantando i con frecuencia entreverado formando un caos plegado; superpuestas unas sobre otras, se formaron grietas grandes i pequeñas que en masas fluidas de agua han sido nuevamente echadas por toda clase de rocas trozadas; miéntras los volcanes continuaron con su actividad se repetian siempre los temblores i trasformaciones de la tierra i aparecieron grandes masas de rocas eruptivas i siguieron formándose siempre montañas mas altas.

Pero poco a poco, la actividad volcánica se tornó mas tranquila, la mayor parte de los volcanes se apagaron del todo, i en las cordilleras se reunieron grandes masas de nieve que poco a poco se convirtieron en hielo duro.

A causa de la gran inclinacion de las capas i el calor del sol, estas masas de hielo empezaron a moverse hácia abajo i en diferentes direcciones, con lo cual todas las formaciones recientes fueron perturbadas en las montañas mismas; se llevaron todos los pedrones apilados en desórden, toda desigualdad, todo lo que se oponia al hielo que se moviera despacio; fué arrancado i llevado; los témpanos de nieve resbalaron por las montañas, con frecuencia sobre los montones de piedra, pulieron i redondearon todo, llenaron los barrancos i grietas con el acarreo i ripio, llevaron las piedras a una distancia de varios cientos de kilómetros de su orijen, formaron morainas i conglomerados i de esa manera han alterado en parte todo el paisaje.

La rejion, ántes tropical, con una vejetacion exuberante, adquirió, pues, el aspecto de una rejion polar.

Sin embargo la época glacial tambien pasó i los paises sud-americanos, entre ellos Bolivia, se presentaron tales como ahora los vemos.

Con motivo de las erupciones en la Cordillera Real boliviana se observan en la superficie diferentes rocas volcánicas, especialmente traquitas, cuarzo traquitas (riolitas), en menor cantidad, andesitas i dacitas (variedad de la andesita i compuesta de feldespato, anjita, cuarzo i magnetita).

Por otro lado las erupciones dieron lugar a la formacion de diferentes filones de metales que tan importantes se han tornado para la mineria boliviana.

Respecto al modo cómo en tales condiciones formáronse los filones metalíferos, existen diferentes opiniones—por infiltracion de abajo, por gases i vapores, por el relleno de las grietas de arriba, por la deposicion de sustancias

minerales de las aguas corrientes, por concentracion de las partículas metálicas que ya existian en las rocas sedimentarias. Tambien se atribuyó a los filones metalíferos un metamorfismo de contacto.

No cabe duda de que diferentes filones se formaron tambien de diferentes maneras, i que las mismas condiciones de formacion no fueron análogas en diferentes rejiones, pues los filones en rejiones distintas difieren mucho en la composicion de sus minerales, así como tambien en su estructura.

Los principales filones que para Bolivia son de importancia, llevan como los mas importantes los siguientes minerales: estaño, wolfram, bismuto, plata, oro i cobre. El plomo i el zinc, aunque se encuentren en grandes cantidades, solo tienen importancia cuando llevan bastante plata.

1. *Los filones con minerales de estaño* se presentan en forma de casiteritas puras, casiteritas con hidróxido de hierro, casiteritas con piritas, rara vez con estos i chalcopiritas, casiteritas mezcladas con minerales de plata, como plata nativa, antimonio, jamesonita, casiteritas asociadas a la wolframita, cornita, magnetopirita, piritas arsenical, marcasita, chalcopirita en partes con bismuto nativo, bismuto lustroso tambien con scheelita, etc.

La estructura de todos estos minerales de estaño, que se diferencian segun su composicion i los minerales que los acompañan, es tambien mui diferente.

Con frecuencia se presenta el mineral de estaño cual filon independiente, bellamente cristalizado, especialmente en la parte superior, o es mui puro, pero compacto; otros filones son, por el contrario, impuros debido al hidróxido de hierro, otros se caracterizan por su mezcla, mayor o menor, con piritas o cuarcitas i otros minerales. Tambien se conocen filones *brecchiados*, formados por cuarcitas i pedazos de pizarra aumentados en el mineral de estaño.

El verdadero criadero de todos estos filones de estaño es, en su mayor parte, la arenisca, con frecuencia tambien la cuarcita, a veces metamorfoseados ámbos, rara vez se presentan estos filones en las mismas rocas eruptivas o en contacto entre éstas i pizarras i arenisca; así como de vez en cuando tambien está impregnada de estaño la roca encajonante.

De vez en cuando se hallan tambien los minerales de estaño en forma de filones en pizarra pura i hai la opinion de que la existencia de rocas eruptivas en la proximidad, influye mui favorablemente en la formacion de filones de estaño.

La potencia de los filones de estaño es mui variada. Se conocen venillas de unos a dos milímetros de ancho, por otro lado se presentan filones 5, 6 i mas metros de ancho.

Tambien se ha penetrado a bolsones de 10, 20 i mas metros de ancho, pero que en su relleno presentaban formaciones lenticulares disminuyendo para arriba i para abajo. La mayor parte de las filones de estaño tienen, sin embargo; un ancho entre 30 centímetros i 1 metro.

Los filones de estaño que están acompañados de minerales de plata, son particularmente ricos en plata en su parte superior, disminuyendo el contenido de este metal con el aumento de profundidad, i constantemente lleva, luego una lei de 0,06 hasta 0,10% de plata.

En jeneral en los filones de estaño, con la profundidad, aumenta su conte-

nido en piritas (bronces), aun en aquellos que en la superficie no tuvieron ni señales de pirita.

El contenido del mismo estaño varia mucho en diferentes filones, algunos solo contienen indicios, otros tienen por término medio 4,6 hasta el 12%; algunos otros son mucho mas ricos i no son raros los filones con 30, 40 i 60%. Muchos filones demuestran un fenómeno característico, pues al centro presentan un enriquecimiento colosal, con mas o ménos 50,60 i hasta 70% de estaño. La mayor parte de los filones son mui duros, especialmente aquellos que poseen una estructura breccchiada o que están acompañados con cuarcitas o que hubieren impregnado la roca eruptiva. Por el contrario, algunos filones de estaño consisten de una masa arcillosa, con frecuencia mui mezclada, en la cual se encuentran sueltos pequeños i grandes pedazos de mineral de estaño. Tambien los filones de estaño se presentan siempre en grupos, es decir, en series casi paralelas, o mas raramente, cuando dichos filones colindan unos con otros,

Las grandes e importantes minas se encuentran en todas partes de Bolivia que tengan una altura de 3,000 a 5,300 metros sobre el nivel del mar i casi esclusivamente en los departamentos de Oruro, Potosí, La Paz i Cochabamba.

Son grandes minas de estaño: la Compañía Minera de Oruro, San José, Huanuni, Avicaya, El Acre, Antequera, varias en Negro Pabellon, Morococalla, etc. Todas en el departamento de Oruro.

La empresa Soux i Hernández, Bebin Hermanos, mina Colavi, Salvadora, Compañía Estanífera de Llallagua, Real Socavon, varias minas pertenecientes a Aramayo, Francke i C.<sup>o</sup>, Compañía Minera Oploca, en el departamento de Potosí.

Minas de Tucsuma, Compañía Estanífera de Berenguela, The Berenguela Tin Mines Limited, el 14 de setiembre, en el departamento de Cochabamba.

Sociedad anónima de las Minas de Huina-Potosí i Milluni, Araca (Harrison i Bottiger), Empresa Minera Monte Blanco, La Concordia, Compañía Colquiri, Compañía Ocavi, o The La Paz Tin Mining C.<sup>o</sup>, etc., en el departamento de La Paz.

Ademas se conocen varios yacimientos de acarreo (veneros de estaño) que, en parte, son tambien explotados.

2. *Los filones de plata* tienen igualmente, una composicion variada. Por un lado se presentan como galenas arjentíferas, blendas de zinc, piritas, piritas arsenicales, chalcopiritas arseniuros, antimoniuros, en partes, especialmente en la parte superior, rosicler (miarjirita proustita), plata nativa, bournonita bounlanjerita; por otro lado, varios filones de estaño contienen plata, debido a las piritas, antimonitas, arseniuros i antemoniurios, etc., que la acompañan con cuyo motivo dichos filones son explotados por ámbos metales. En este caso estos filones de plata tienen las mismas condiciones de formacion que las que tuvieron los filones de estaño i están ligados a la misma roca; pero en Bolivia existe una gran cantidad de filones de plata que se presentan independientemente de las formaciones de estaño; trasformándose a veces en éstos.

A la verdadera formacion de plata pertenecen las célebres minas de Colquechaca i Pulacayo, que ántes pudieron ostentar riquezas colosales de rosicler, plata nativa, arseniuros i antimoniuros i otros minerales arjentíferos de alta lei. En la actualidad dichos filones están formados principalmente por

galena, blenda de zinc, chalcopiritas i piritas que tienen una lei mui baja de plata.

Aisladamente solo se presentan en estos filones, bolsones con pequeños pedazos de los verdaderos minerales de plata. En profundidad, la lei de plata disminuye siempre, con cuyo motivo la esportacion de los verdaderos metales de plata es insignificante. Los empresarios de minas dependen, al presente, de la concentracion de estos minerales pobres de plata, i por medio de la lixiviacion se producen ahora sulfatos de plata, que luego, son fundidos en Europa o Norte América, para obtener plata pura.

Existen en Bolivia muchísimos filones de blenda de zinc, i galena que se presentan completamente independientes unos de otros, ostentando con frecuencia una potencia extraordinaria, aunque de lei baja en plata, con cuyo motivo no se esplotan. Todos estos filones se presentan en su mayor parte en areniscas i pizarras i no cabe duda que son independientes de cualquiera erupcion.

Los principales productores de plata son ahora sin duda: la Compañía Minera de Oruro, Compañía Minera de San José, Compañía Minera de Huanchaca, algunas minas en Colquechaca, Porco i Potosí i otras de Aramayo Francke i C.º, etc.

3. *Los minerales de cobre* se presentan en Bolivia en dos formaciones diferentes, en forma de filones i mantos de cobre nativo. Los primeros se han formado de un modo análogo a los filones de blenda de zinc i galena, pero tienen una potencia mucho menor i están formados de chalcopiritas, mas o ménos mezcladas de piritas, de vez en cuando con cobre abigarrado, cobre vítreo, cuprita, malaquita, azurita, atacamita, etc. Dichos filones de cobre, que en su mayor parte se presentan en pizarras i areniscas, casi no han sido esplotados hasta la fecha,

Pero mucho mas importante para Bolivia es la existencia del cobre nativo, especialmente en la rejion de Corocoro. Aquí trabajan por ahora dos grandes sindicatos, The Corocoro United Copper Mines Ltd. i la Compañía Corocoro de Bolivia, ademas, algunas pequeñas minas.

Aquí se presentan arenisca gris permeana, arcillas rojas, conglomerados grises i rojos, los cuales contienen impregnaciones mas o ménos poderosas de yeso, barita, i de vez en cuando, sal mineral.

Entre estas areniscas, arcillas i conglomerados, se encuentran tambien los verdaderos yacimientos de cobre nativo, pues que dichas rocas han sido impregnadas con frecuencia con cobre nativo, o el cobre formó algunos bancos puros de distintas anchuras con frecuencia de 2, 3 i hasta 10 a 12 metros, o el cobre se presenta en forma de plantas i árboles aplastados o tambien en trozos grandes e irregulares, los cuales se llaman *charquis*.

Las impregnaciones tuvieron lugar, especialmente, en areniscas i conglomerados, miéntras que los trozos aplanados yacen por completo en las arcillas rojas.

Tambien se han encontrado bonitos cristales i grupos de cristales de aragonita, así como tambien pseudomorfos de cobre nativo i aragonita. Igualmente se presentan aislados bonitos cristales de barita azuleja i rojiza, de mi-

nerales metálicos, pequeños bolsones de galena mui fina, cuprita, malaquita azurita.

Se conoce en Corocoro un grupo de diferentes yacimientos de cobre, que tambien se diferencian por su composicion i anchura. La lei media de cobre nativo explotable de los mantos es mas o ménos  $2\frac{1}{2}$  a 3%, aunque sube en partes, al 10 i 12%. Dichos mantos tienen un tendimiento pendiente, i en su parte superior están formados por óxidos de cobre (cupritas).

Otra rejion mui importante para las formaciones cupríferas de Bolivia, es la provincia de Carangas, rica en cobre nativo, cobre-plomoso i minerales de plomo i zinc; a pesar de todo, dicha rejion aun no se ha puesto en explotacion i está poco explorada.

4. *Los filones de bismuto* se presentan en Bolivia, especialmente al Sur del departamento de Potosí, i están en poder de Aramayo, Franck i C.<sup>a</sup> Esta formacion se caracteriza por una composicion mui complicada de sus filones que están formados por una mezcla de casiterita, de bismuto vítreo; wolframita, chalcopirita i otros minerales de cobre, diferentes minerales de plata, piritas i piritas magnéticas. En partes se encuentra tambien bismuto nativo, acompañado de oro nativo.

Los trozos mas puros consisten principalmente de bismuto vítreo, mezclado con chalcopirita, i el primero es ahora el verdadero mineral para la produccion del bismuto. La potencia de los filones varia entre 15 i 80 centímetros i rara vez baja mas.

En los rios de dichas rejiones se encuentran, aun ahora, trozos redondeados de bismuto nativo, mezclados con frecuencia con cristales de cuarzo, así como tambien acompañados de galena. Ademas se encuentran en los rios grandes i pequeños pedazos de bismuto vítreo, los cuales de vez en cuando se han tornado, en parte o el todo, en ocre de bismuto, llamado aquí paco.

La empresa Aramayo, Franck i C.<sup>a</sup> posee en Quechisla una gran instalacion para la fundicion de los minerales de bismuto. El bismuto fundido toscamente es refinado mas despues en Europa i separado de sus mezclas, especialmente del oro, la plata i el cobre.

Existen allí, todavía algunas minas pequeñas para la explotacion del bismuto, aunque la casa Aramayo, Franck i C.<sup>a</sup> tiene el monopolio mundial i provee al mercado de bismuto.

Se conocen ademas algunos sitios, donde se presenta el bismuto, i algunos otros filones de bismuto nativo no son explotados al presente.

5. *Filones de wolfram.*—Estos filones solo fueron descubiertos últimamente, i casi siempre se encuentran en las inmediaciones de los filones de estaño. El verdadero mineral es casi siempre la wolframita corriente, aunque tambien se ha encontrado la wolframita ferrujinosa pura, así como se han constatado mezclas químicas de niobio i tántalo, con un contenido de estos ácidos raros, a veces hasta de 10 a 12%.

Las wolframitas están siempre mezcladas con cuarzo, acompañadas con frecuencia por piritas arsenicales, i rara vez de bismuto nativo.

Las del Chorolque i Tazna están acompañadas por minerales de bismuto, estaño, plata i cobre, presentándose la mayor parte de los filones de wolfram en Bolivia bastante puros, cuya potencia varia entre 20 i 60 centímetros.

La lei media varia tambien entre 5 i 20% de ácido túngstico i se concentran los minerales de esportacion hasta alcanzar una lei de 60 a 70% de ácido túngstico.

Esta industria, relativamente nueva, ann no ha alcanzado su punto culminante, pero sigue desarrollándose mas i mas, porque se buscan ahora con empeño nuevos sitios donde haya wolfram. Existen mas o ménos 25 a 30 minas pequeñas que esportan wolfram i se encuentran situadas en diferentes distritos mineros.

6. *El oro en Bolivia.*—Existen muchos sitios en Bolivia donde se ha encontrado oro, i se puede suponer que dicho metal se encuentra en todo Bolivia. El oro se presenta en Bolivia como oro de aluvion i de filon. Sin duda, todos los rios bolivianos llevan oro en sus arenas, por otro lado se conocen muchos filones de cuarzo que llevan oro en impregnaciones menudas o toscas, es decir una formacion de cuarzo aurífero.

Ademas, los filones de antimonio que son tan frecuentes en Bolivia, contienen oro, mezclado mecánica o químicamente. Existen varios lavaderos de oro, así como algunas compañías que esplotan cuarzo aurífero, encontrándose las principales compañías en los departamentos de Oruro, La Paz, Potosí, Santa Cruz, Beni i Cochabamba.

7. *Antimonio.*—Existen en diferentes rejiones grandes i muy buenos yacimientos de mineral de antimonio. Sensiblemente esta industria minera se encuentra hoy en Bolivia muy mal, porque el precio bajo del antimonio no permite la esplotacion provechosa. Quizá los minerales que contengan mucho oro podrian trabajarse.

Con respecto a otros minerales, poco se ha buscado en Bolivia hasta ahora i solo allí donde hace cuenta se esplota en pequeña escala bórax, salitre i sal de roca.

Tambien se ha constatado en varios sitios la existencia de petróleo, aceite lubricante, lignita i turba.

Sensiblemente, todos estos yacimientos de combustibles no han sido estudiados detenidamente, de manera que ahora no se puede decir nada sobre su porvenir. Es de suponer que reconocimientos profundos en Bolivia darian lugar a que se esploten muchas otras riquezas mineras i que a este pais le está reservado un gran porvenir relacionado con la industria minera.



# Salitre.—Estadística comparada de años salitreros, Julio a Junio

(Boletín mensual de la Asociación Salitrera de Propaganda)

MES DE MARZO DE 1913

EN QUINTALES ESPAÑOLES

	1908/9	1909/10	1910/11	1911/12	1912/13
<b>PRODUCCION AVISADA</b>					
De julio a febrero.....	26.953,726	34.712,483	35.803,522	36.643,976	38.921,561
Mes de marzo.....	2.016,091	4.473,543	4.630,659	4.586,149	5.223,927
<b>Total ...</b>	<b>28.969,817</b>	<b>39.186,026</b>	<b>40.434,181</b>	<b>41.230,125</b>	<b>44.145,488</b>
La producción de abril fué	3.464,317	4.532,863	4.701,624	4.283,625	
La del resto del año fué....	8.515,528	9.341,365	9.161,708	9.059,215	
<b>ESPORTACION</b>					
<b>TOTAL</b> de julio a febrero..	29.473,381	36.200,986	38.271,142	40.142,072	42.263,589
Mes de marzo.....	2.702,552	4.037,270	2.548,563	4.974,990	3.844,693
<b>Total ...</b>	<b>32.175,933</b>	<b>40.238,256</b>	<b>40.819,705</b>	<b>45.117,062</b>	<b>46.108,282</b>
La exportación de abril fué	2.958,449	3.779,282	3.861,563	2.936,985	
La del resto del año fué....	5.078,850	6.605,434	6.561,670	6.200,424	
<b>A EUROPA I EJIPTO</b>					
De julio a febrero.....	23.347,763	27.513,132	27.831,311	32.133,511	33.205,773
Mes de marzo.....	1.920,037	2.884,268	1.749,669	3.576,637	2.254,009
<b>Total ...</b>	<b>25.267,800</b>	<b>30.397,400</b>	<b>29.580,980</b>	<b>35.710,148</b>	<b>35.459,782</b>
La exportación de abril fué	2.544,463	2.544,731	2.408,832	1.465,383	
La del resto del año fué....	3.350,072	4.672,259	4.816,945	4.231,822	
<b>COSTA ORIENTAL</b>			<b>A ESTADOS UNIDOS</b>		
De julio a febrero.....	4.803,018	6.910,163	8.356,870	6.191,367	6.226,344
Mes de marzo.....	367,145	653,418	593,936	917,303	479,050
<b>Total ...</b>	<b>5.170,163</b>	<b>7.563,581</b>	<b>8.950,806</b>	<b>7.108,670</b>	<b>6.705,394</b>
La exportación de abril fué	350,915	1.084,263	1.324,433	1.246,810	
La del resto del año fué....	1.314,601	1.521,943	1.073,036	1.541,284	

	1808/9	1909/10	1910/11	1911/12	1912/13
<b>COSTA ORIENTAL</b>					
<b>A PUERTOS SUD-AMERICANOS P. O.</b>					
Mes de febrero.....					704,544
» » marzo.....					771,037
					<u>(1) 1.475,581</u>
<b>COSTA OCCIDENTAL</b>					
De julio a febrero.....	716,443	822,218	865,909	586,300	709,728
Mes de marzo.....	135,300	125,557		177,820	147,400
Total.....	851,743	947,775	865,909	763,620	857,128
La esportacion de abril fué.....	60,499	140,800	107,800	148,500	
La del resto del año fué....	240,200	108,900	354,150	174,813	
<b>A PAISES VARIOS</b>					
De julio a febrero.....	606,157	955,473	1.217,052	1.230,894	1.417,200
Mes de marzo.....	280,070	374,027	199,958	303,730	193,197
Total.....	886,227	1.329,500	1.417,010	1.534,624	1.610,397
La esportacion de abril fué.....	2,752	9,488	20,498	76,292	
La del resto del año fué....	173,977	302,332	317,539	252,505	
<b>CONSUMO</b>					
<b>TOTAL</b> de julio a febrero..	21.659,445	26.984,178	26.088,855	26.250,633	26.494,641
Mes de marzo.....	7.970,745	9.302,167	9.300,983	10.542,180	9.761,372
Total.....	29.630,190	36.286,345	35.389,838	36.792,813	36.256,013
El consumo de abril fué....	5.661,352	7.050,521	7.275,598	6.868,612	
El resto del año fué.....	6.417,667	8.461,292	9.904,079	9.324,005	
<b>EN EUROPA I EGIPTO</b>					
De julio a febrero.....	15.750,170	18.985,355	17.155,675	18.486,821	18.755,100
Mes de marzo.....	6.431,260	7.661,300	8.328,150	9.815,400	7.998,075
Total.....	22.181,430	26.646,655	25.483,825	28.302,221	26.753,175
El consumo de abril fué....	5.103,930	5.796,000	6.015,600	5.760,000	
El del resto del año fué....	5.161,890	5.837,400	6.970,065	7.148,250	
<b>EN ESTADOS UNIDOS</b>					
<b>COSTA ORIENTAL</b>					
De julio a febrero.....	4.727,650	6.145,784	7.040,519	5.739,818	5.503,500
Mes de marzo.....	1.142,640	1.266,840	772,875	375,750	1.417,500
Total....	5.870,290	7.412,624	7.813,394	6.115,568	6.921,000
El consumo de abril fué....	516,350	1.071,225	981,000	855,000	
La del resto del año fué....	846,400	2.077,360	2.408,625	1.802,250	

r) Esta cantidad será distribuida entre las secciones correspondientes cuando se conozca definitivamente los puertos de destino.

1908/9      1909/10      1910/11      1911/12      1912/13

**COSTA OCCIDENTAL**

De julio a febrero.....	575,468	897,566	65,609	793,100	818,841
Mes de marzo.....	116,765	....	....	47,300	152,600
<b>Total...</b>	<b>692,243</b>	<b>897,566</b>	<b>675,609</b>	<b>840,400</b>	<b>971,441</b>
El consumo de abril fué...	38,500	173,808	258,500	177,320	
El del resto del año fué...	235,400	244,200	207,850	121,000	

**EN PAISES VARIOS**

De julio a febrero.....	606,157	955,473	1.217,052	1.230,894	1.417,200
Mes de marzo.....	280,070	374,027	199,958	303,730	193,197
<b>Total...</b>	<b>886,227</b>	<b>1.329,500</b>	<b>1.417,010</b>	<b>1.534,624</b>	<b>1.610,397</b>
El consumo de abril fué...	2,572	9,488	20,498	76,292	
El del resto del año fué...	173,977	302,332	317,539	252,505	

**PROVISION VISIBLE EN 31 DE MARZO:**

1909      1910      1911      1912      1913

**EN EUROPA Y EGIPTO**

En tierra.....	4.970,900	3.619,660	3.866,720	3.554,540	2.941,620
A flote.....	8.256,960	9.956,470	9.474,750	11.226,375	12.755,925
<b>Total...</b>	<b>13.227,890</b>	<b>13.576,130</b>	<b>13.341,470</b>	<b>14.780,915</b>	<b>15.697,545</b>

**EN ESTADOS UNIDOS**

**COSTA ORIENTAL**

En tierra.....	303,490	191,290	363,000	258,918	465,740
A flote.....	744,277	1.652,738	2.413,146	2.588,913	1.266,678
<b>Total...</b>	<b>1.047,767</b>	<b>1.844,028</b>	<b>2.776,146</b>	<b>2.847,831</b>	<b>1.732,418</b>

**COSTA OCCIDENTAL**

A flote solamente.....	173,800	250,808	272,800	191,620	102,300
------------------------	---------	---------	---------	---------	---------

**EN SUD-AMERICA**

**COSTA ORIENTAL**

A flote solamente.....	.....	.....	.....	.....	(1) 1.475,581
------------------------	-------	-------	-------	-------	---------------

**Existencias en la Costa**

calculadas en....	7.749,000	9.805,000	11.710,000	9.935,000	10.791,000
-------------------	-----------	-----------	------------	-----------	------------

**Provision visible Total**

en 31 de marzo.....	22.198,457	25.475,966	28.100,416	27.755,366	29.798,844
---------------------	------------	------------	------------	------------	------------

1) Esta cifra sufrirá una modificación análoga a la Esportacion segun nota anterior.

1909

1910

1911

1912

**PRECIOS: TERMINO MEDIO DEL MES DE ABRIL:****EN EUROPA**

Cargamentos por llegar (costo i flete)....	9/8 1/16	8/3 1/4	8/9 7/8	10/-1/2
Cargamentos por salir (costo i flete).....	8/6 7/8	8/8 3/4	8/7	9/5 1/8

**EN LA COSTA**

Entrega inmediata, al costado del buque.	6/9 3/16	6/5 15/32	6/10 1/4	7/4 3/8
--	----------	-----------	----------	---------

**FLETES: TERMINO MEDIO DEL MES DE ABRIL:**

Buque vela, Canal por órdenes.....	18/9	17/7 1/2	18/—	28/3
Iquique, 10 abril de 1913.				

**A. G. BROWNE,**

Jerente interino

de la Asociacion Salitrera de Propaganda.



## La industria del nitrato de soda en Chile

La industria salitrera chilena presenta un gran interes por su orijinalidad i por su organizacion industrial i comercial. Su importancia económica no es menor, puesto que es la fuente principal del ázoe combinado indispensable a la agricultura i a la industria moderna. El desenvolvimiento de esta industria comenzó en 1830, época en la que los primeros cargamentos de nitrato fueron esportados a Europa. Este desenvolvimiento ha sido progresivo i relativamente lento; por lo tanto, estos últimos años la esportacion alcanza una cifra elevada; esta cifra ha llegado en 1911 a 2.487,000 toneladas, correspondiendo aproximadamente a unas 350,000 toneladas de ázoe, miéntras que en el mismo año la produccion de sulfato de amoníaco fué solamente de 250,000 toneladas del mismo elemento.

El valor comercial del producto esportado en 1911 llegó a 600 millones de francos, sobre los cuales mi pais ha percibido como derechos de esportación la suma de 160 millones de francos.

La industria del salitre proporciona ademas como sub-productos el yodo, del cual se esportan 500,000 kilógramos, de un valor comercial de 10 millones de francos, el perclorato de potasa, el cloruro de sodio, etc.

Esta industria tiene una importancia particular, a causa de la rejion del mundo en que se encuentra situada: en pleno desierto, sin ninguna vejetacion, casi sin agua, léjos de los recursos necesarios para la vida.

Ha sido, pues, necesario crear los medios de llevar a largas distancias todos los elementos de consumo: el carbon, el agua, los alimentos para los hombres, el forraje para los animales, etc.

El desenvolvimiento progresivo de la industria ha traído la creacion de ciudades importantes i numerosas: Iquique, Antofagasta, Taltal, Tocopilla, por no citar sino las principales, la construccion de una red de caminos de hierro que va cada dia acrecentándose, i el próximo establecimiento de puertos

provistos de todos los medios modernos de desembarque i embarque todos los grandes elementos para asegurar un transporte fácil a los productos de la rejión, como así tambien a los artículos de consumo que ella necesita.

Existen hoy 160 fábricas trabajando, que ocupan mas de 40,000 obreros i consumen anualmente cerca de 6.000,000 de toneladas de carbon; la rejion del nitrato consume cantidades enormes de productos alimenticios, conservas i otros, porque comprende en total mas de 223,000 habitantes.

## I

La rejion salitrera se estiende desde el paralelo 19°30' Sur hasta el paralelo 26° formando una banda estrecha situada alrededor de 70 kilómetros de la costa del Océano Pacífico, i a una altitud media de 900 metros sobre el nivel del mar. (Fig. 1.<sup>a</sup>)

La formacion mas característica se encuentra en la seccion de Tarapacá; puede tenerse una idea de esta rejion por la figura 2.<sup>a</sup>

Esta rejion salitrera está formada de diversas partes bien distintas: la Cordillera de la Costa, que bordea al Océano Pacífico i forma, en ciertos puntos, una verdadera muralla cortada a pico, como Caleta Buena i Junin, donde se han establecido los planos inclinados con diferencias de nivel de 700 metros; por el otro lado está bordeada por un valle longitudinal, llamado Pampa de Tamarugal, en seguida vienen los contrafuertes de la Cordillera de los Andes, i, por último, esta misma Cordillera i las Altas Mesetas.

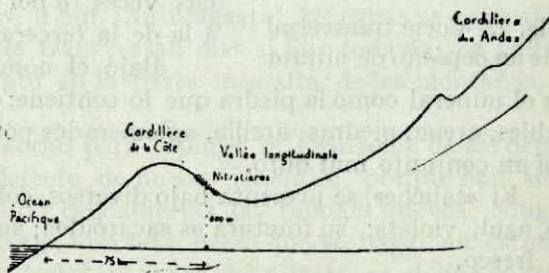


Fig. 2.—Corte transversal de la rejion salitrera chilena

La rejion salitrera se encuentra sobre la vertiente interior, vertiente oriental de la Cordillera de la Costa.

Mas al Sur, el valle longitudinal desaparece i es reemplazado por valles transversales que van desde la Cordillera al Océano i en los cuales se presenta tambien la formacion salitrera.

La rejion del nitrato, donde no llueve nunca, está sometida a vientos constantes durante ciertas estaciones i a ciertas horas del dia; a la caída de la tarde, se forman nieblas espesas, acompañadas de fenómenos eléctricos perfectamente sensibles; el terreno es radioactivo en alto grado.

La falta de todos los recursos es principalmente la escasez de agua, así como la dificultad de comunicaciones que no permiten, hasta el presente, hacer una exploracion sistemática desde el punto de vista jeológico i jeográfico; no se conocen sino los puntos mas accesibles. Por esto es por lo que no se pueden describir los yacimientos de su alrededor ni deducir las leyes jenerales de su formacion.

Cuando se termine el camino de hierro longitudinal Norte, actualmente en

construcción, será fácil hacer estos estudios, i nuestro Gobierno, que no ha descuidado este punto de vista, podrá hacerlos efectuar en mejores condiciones que hoi.

De todas formas, está demostrado que con la parte que se conoce existe una cantidad de nitrato suficiente para un consumo igual al actual durante un siglo.

El nitrato se presenta bajo las formas siguientes.

- a) Capas.
- b) Impregnaciones i efflorescencias.
- c) Cavidades en la calizas.

Actualmente se explotan las capas sobre las otras formas de yacimientos.

Una capa conteniendo nitrato está formada por la hilada de piedras indicadas en la figura 3.<sup>a</sup>

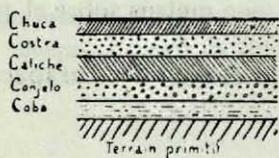


Fig. 3.—Corte transversal de un depósito de nitrato

La «chuca» se compone de trozos de cuarzo con sulfatos anhidros de sosa i de cal; la «costra» contiene también nitrato, pero en ménos proporción que la piedra llamada «caliche»; tiene algunas veces 18 por 100 i su composición es análoga a la de la tercera capa.

Bajo el nombre de «caliche» se designa tanto el mineral como la piedra que lo contiene: está formada de materias insolubles, arena, piedras, arcilla, aglomerados por un cemento de sales, formando así un conjunto muy duro.

El «caliche» se presenta bajo diversos colores: blanco, amarillo, gris oscuro, azul, violeta; su fractura es sacaróidea; su densidad, cerca de 2; su sabor es fresco.

La composición es muy variable, así como su densidad.

El «caliche» contiene: nitrato, cloruro i sulfato de sodio, como elementos principales i como elementos secundarios: cloruro de potasa, sulfato i nitrato de calcio, cloruro, sulfato i nitrato de magnesia. Se encuentran también yodato de sodio, nitro-sulfato de sodio o *darapstita*, yodato de calcio o *lantarita* i el yodocromato de calcio o *dietzeita*.

El análisis de dos muestras de «caliche» i una de costra ha dado el resultado siguiente:

	CALICHE		COSTRA
	1. <sup>a</sup> muestra	2. <sup>a</sup> muestra	
Nitrato de sosa.....	36 %	35 %	17 %
Cloruro de sodio.....	32 »	6 »	2 »
Sulfato de sodio.....	8 «	2 »	71 »
Insolubles.....	14 »	50 »	1 »
Sulfato de cal.....	8 »	2 »	2 »
Otras sales.....	2 »	5 »	6 »

Se puede decir, como regla general, que los «caliches» de la rejion del Norte o de Tarapacá contienen mas cloruro de sodio que sulfato; a medida que se avanza hácia el Sur, el cloruro es reemplazado por el sulfato, hasta el punto que los «caliches» de Taltal, el distrito que está mas al Sur, contienen mas sulfato que cloruro.

Las otras camas que encuentran bajo el «caliche», tienen poca importancia; son éstas el *conjelo*, donde domina los cloruros i los sulfatos i la «coba» formada de tierra, piedras i mui pocas sales.

Las diversas hiladas de piedras reposan sobre el terreno primitivo, es decir, sobre las rocas de la Cordillera, cuya naturaleza no parece tener ninguna importancia en cuanto a la formacion de los depósitos de nitrato.

En el Norte (Tarapacá), las capas de «caliche» se presentan sobre la vertiente oriental o interior de la Cordillera de la costa, en la superficie, de pequeñas elevaciones, en pendiente suave, que bordean el valle longitudinal. En las partes mas bajas de este valle se encuentran otros depósitos llamados *salar*es (fig. 4), que se componen casi esclusivamente de sal comun con eflorescencias de nitrato.

En las otras rejiones, mas al Sur (Antofagasta), las capas se presentan en las partes mas bajas del valle transversal; mas al Sur todavía, en Taltal, se encuentran depósitos de nitrato en la parte mas alta de las montañas, a 3,000 metros de altitud.

Se han formulado diversas teorías para esplicar la formacion de los depósitos chilenos; todas tienen el defecto de no ser jenerales, porque han sido presentadas a medida que han sido descubiertas las rejiones nuevas. Ninguna de ellas es, hoi dia, satisfactoria; i no será hasta que se haga un estudio completo, jeográfico i jeológico de todas las zonas del nitrato en el que se pueda encontrar una teoría que explique su formacion.

Noellner i Darwin admiten que el ázoe del «caliche» proviene de las algas marinas; Müntz i Plagemann creen en la nitrificación microbiana; Ochsenius atribuye la presencia del ázoe al guano, que existe en grandes depósitos a lo largo de la costa del Océano Pacífico; Willisams, Pissis i Sundt sostienen el origen atmosférico, es decir, la union del ázoe i del oxígeno del aire bajo la influencia de las descargas eléctricas.

La formacion actual del nitrato que se encuentra en el fondo de los *salar*es se explica fácilmente por el arrastre del nitrato de las capas situadas al lado del ribazo por el agua condensada de las nieblas; la disolucion se evapora i, por capilaridad, el nitrato sube a la superficie del «salar» para formar las eflorescencias. (Fig. 4.<sup>a</sup>)

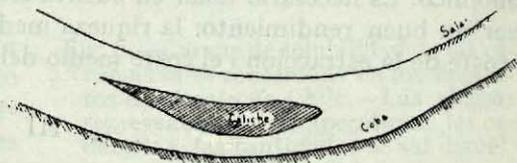


Fig. 4.—Partes bajas de los valles con los depósitos llamados salares

## II

Para reconocer un terreno de nitrato i ver su explotacion futura se hacen agujeros distantes de 50 a 100 metros unos de otros i se determina el espesor i la calidad de la capa de «caliche».

Para preparar la explotacion se agranda el fondo del agujero, se vierte una cantidad suficiente de pólvora de nitrato de sosa i se hace explotar (Fig. 5). Los obreros, con martillos i utensilios de acero, quebrantan los trozos de roca, formándose así un bajo que permite estraer el mineral en seguida, teniendo cuidado de dejar abajo lo estéril i de reunir en la parte superior el caliche que se va a tratar.

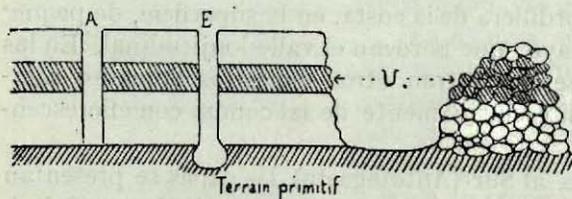


Fig. 5.—Explosion de un depósito de nitrato. —A, orificio para reconocer el terreno. E, orificio preparado para hacer la explosion. U, parte utilizable.

El obrero chileno reconoce a simple vista el terreno salitrero de buena o mala calidad i se da cuenta exacta de la riqueza del caliche; sin duda toma algunos trozos de «caliche», los muele i los echa sobre brasas; juzga así de su riqueza por la rapidez i la intensidad de la deflagracion.

El caliche es trasportado a la fábrica, bien en carretas o por medio de una pequeña via férrea.

El trabajo es a destajo, i a los obreros se les paga segun el número de carretas o de vagones; tambien se tiene en cuenta la calidad del caliche, el espesor de la capa útil, la profundidad en que se encuentra i la facilidad mas o ménos grande de distinguir el caliche de los otros elementos.

Raramente es posible hacer avanzar la trinchera paralelamente a ella misma; sigue siempre la forma de las capas. Las zanjas se abren por lo general en la parte mas alta del terreno para facilitar el trasporte de las materias estraídas, aumentando hasta llegar a la parte mas baja.

La organizacion del trabajo i el establecimiento de un plan de explotacion son de una gran importancia para la obtencion de un buen resultado económico. Es necesario tener en cuenta los tres factores principales para obtener un buen rendimiento: la riqueza media del caliche explotado, el precio de coste de la extraccion i el coste medio del trasporte.

## III

El caliche es trasportado a la fábrica i descargado sobre el plano inclinado de la máquina, por donde cae directamente en los quebrantadores, que lo reducen a trozos; algunas veces se les hace pasar en seguida entre los cilindros, a fin de darles un grueso uniforme. Por medio de aparatos apropiados, trasportadores o elevadores, el caliche triturado es conducido a los aparatos de tratamiento, donde el nitrato será separado de las otras sales i de la materia insoluble.

La separación de la materia insoluble, del cloruro i del sulfato de cal se efectua por medio de un levigado.

Por las curvas de solubilidad (fig. 6) se sabe que el coeficiente de solubilidad del nitrato de sosa aumenta considerablemente con la temperatura, mientras que el del cloruro queda casi fijo i que el del sulfato disminuye.

Basta, por consiguiente, para obtener una disolucion saturada de nitrato hacer la solución a la mas alta temperatura posible, entre 110 i 120° centígrados; por enfriamiento tan solo el nitrato cristaliza.

En la práctica no ocurren los fenómenos exactamente como la teoría indica, por varias razones.

La débil riqueza del caliche en nitrato impide poderle tratar por la cantidad de agua exactamente necesaria, porque se formaria un barro arcilloso que seria imposible de decantar; es preciso entónces emplear un exceso de agua.

La influencia perturbadora de diversas sales, una sobre otras, es la causa de que las curvas de disolución no sean las mismas que cuando se trata de materias puras. Si se establecen las curvas de solubilidad experimentalmente operando sobre disoluciones de caliche, se observan numerosos puntos de inflexion, causados, sin duda, por la formación de sales e hidratos complejos en el fondo del líquido.

Por último, la evaporación continúa del líquido durante todo el tratamiento orijina el sedimento, no solamente del nitrato, sino tambien del cloruro i del sulfato en el momento de la cristalización.

El líquido saturado procedente de la disolución del caliche, mui rico en sales solubles, acusa en las diversas temperaturas las composiciones siguientes en gramos por litro:

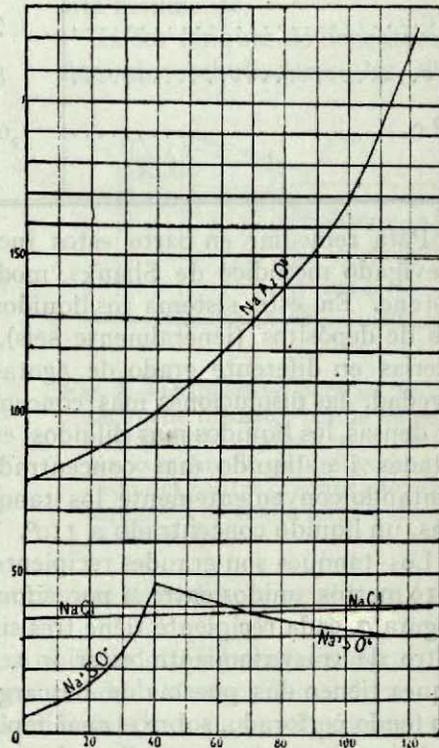


Fig. 6.—Curvas de solubilidad de las diversas sales contenidas en los depósitos de nitrato de Chile.—Las abscisas representan las temperaturas, las ordenadas, las cantidades de sal disuelta en 100 partes iguales.

TEMPERATURA	Nitrato de sosa	Cloruro de sodio	Sulfato de sodio
10° c.....	390	180	10
30° c.....	490	165	42
50° c.....	594	142	40
70° c.....	700	100	32
90° c.....	825	96	23
100° c.....	1,000	70	20

Para remediar en parte estos inconvenientes se ha recurrido al sistema de levigado metódico de Shanks, modificado convenientemente por Humberstone. En este sistema los líquidos siguen una marcha a través de una serie de depósitos (jeneralmente seis), estando cada vez en contacto con materias en diferente grado de agotamiento. Los líquidos circulan por la gravedad, las disoluciones más concentradas son reemplazadas por las más densas, los líquidos más diluidos están en contacto con las materias más agotadas i el líquido más concentrado con las que acaban de ser cargadas; calentando convenientemente los tanques, se obtiene, después de cuatro pasadas, un líquido concentrado a 110°.

Los tanques son grandes recipientes rectangulares de 2 metros por 2.50 por 10 metros, unidos entre sí por sifones de trasvasamiento. Como se ve por la figura 7, cada recipiente tiene tres sifones, uno de trasvasamiento lateral *b*, otro de trasvasamiento exterior *c*, i por último, un sifón de salida *a*; los tanques tienen dos puertas de descarga *f*, una salida inferior del líquido, un falso fondo perforado, sobre el cual reposan las materias que han de disolverse, i últimamente, los serpentines de vapor *d e* para el calentamiento.

Con un sistema de seis recipientes o «cachuchos» pueden tenerse cuatro en servicio, otro cargado i el último para el lavaje o descargado.

La disolución es medida por medio del densímetro o del termómetro, según las tablas formadas por cada fábrica; cuando el líquido posee la concentración necesaria se le retira por el sifón de salida, añadiendo, como en la operación de trasvasamiento, agua en el último tanque i cesando inmediatamente el calentamiento; de esta manera se lava el caliche tratado i el líquido recupera una parte del calor.

Una vez que se ha extraído el líquido de los recipientes i hecho el trasvasado al recipiente siguiente, el último recipiente es retirado de la circulación, se le vacía por la parte inferior i se le lava dos o tres veces con agua que no contenga ninguna sal en disolución.

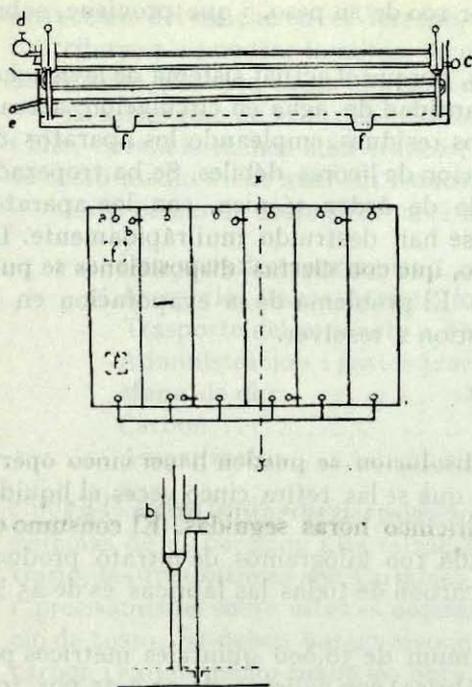


Fig. 7.—Aparatos para la disolucion i concentracion por el calor, de nitrato de Chile. La parte superior, corte transversal segun X i, la parte media, planta, i la parte baja detalle del sifon de transvasado interior; C, sifon de transvasado exterior; d, entrada del vapor para la calefaccion; E, salida del vapor de calefaccion; i F; puertas de descarga.

Las aguas del fondo (relaves) son enviadas a depósitos especiales i son utilizadas para compensar las pérdidas de agua que se producen en el sistema. Los líquidos concentrados calientes son decantados inmediatamente durante diez minutos; a pesar de que la circulación de los líquidos es muy lenta, una parte de la arcilla queda en suspension i no se deposita fácilmente,

En los tanques de decantacion, llamados «chulladores», las diso-

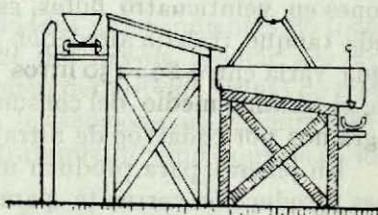


Fig. 8.—Dispositivo para la cristalización de nitrato.—En la derecha, cristizador (batea); en el centro plano inclinado para el goteo i secado del salitre cristalizado; en la izquierda, estacada para la descarga del nitrato.

luciones sobresaturadas, especialmente en cloruro de sodio, se equilibran i dejan reposar estas sales.

De los tanques de decantacion pasa el líquido a los cristalizadores, los cuales tienen una gran superficie i poca profundidad; la superficie es de 20 a 25 metros cuadrados, i el fondo, que está inclinado, tiene una profundidad que varia entre dos i tres metros.

Los cristalizadores o «bateas» están emplazados, conforme puede verse en la figura 8; el plano inclinado que está a su lado sirve de escurridor i secadero del salitre cristalizado.

Como la cristalización exige algunos días, una parte del líquido se evapora, precipitándose las sales que disuelve; se obtiene, por último, un producto que contiene de 95 a 96 por 100 de nitrato, 2 por 100 de humedad, 1 a 3 por 100 de cloruro i 0, 5 a 1 por 100 de sulfato i otras sales.

A continuacion de los cristalizadores se encuentran las estacadas para descargar el nitrato, i las eras para secarlo.

Los residuos de fabricacion o ripios son extraidos por la parte inferior del tanque de disolucion, i a pesar de los lavados especiales retienen una propor-

cion de nitrato que puede llegar al 8 por 100 de su peso, i que proviene, sobre todo, del líquido que les impregna.

No es posible hacer el lavado ántes, porque el actual sistema de levigacion no permite emplear sino una cierta cantidad de agua en circulacion; actualmente está en ensayo el lavar ántes los residuos empleando los aparatos de evaporar que se usan en la concentracion de licores débiles. Se ha tropezado con numerosas dificultades, sobre todo de órden técnico, con los aparatos evaporatorios, la mayor parte de ellos se han destruido mui rápidamente. La esperiencia ha demostrado, por lo tanto, que con ciertas disposiciones se puede llegar a un resultado satisfactorio. El problema de la evaporacion en la industria del salitre es todavía una cuestion a resolver.

#### IV

Con una serie de seis tanques de disolucion se pueden hacer cinco operaciones en veinticuatro horas, es decir, que se las retira cinco veces el líquido; cada tanque trabaja alrededor de veinticinco horas seguidas. El consumo de agua varía entre 80 i 150 litros por cada 100 kilogramos de nitrato producido; el término medio del consumo de carbon de todas las fábricas es de 25 kilogramos por cada 100 de nitrato.

En jeneral, para producir un mínimum de 50,000 quintales métricos por mes (produccion corriente para una fábrica) con caliches de 20 a 25 por 100, se necesita un volúmen en tanques de disolucion igual a 900 metros cúbicos, siendo necesarios 6,000 metros cúbicos de depósitos de cristalización. Una fábrica de esta capacidad cuesta alrededor de 2. 500,000 francos; es preciso por lo tanto, contar cincuenta francos por cada 100 kilogramos de produccion anual.

Con el sistema empleado hasta aquí, no se pueden tratar mas que caliches que tengan por lo ménos un 18 por 100 de riqueza media; el tratamiento del producto bruto es calculado prácticamente por el costo del carbon consumido.

Con los caliches que tienen 50 por 100 de nitrato i que no contengan materias insolubles, el consumo de carbon no pasa de cuatro kilogramos por cada 100 de nitrato producido, pero para la misma produccion, tratando con caliches que no contienen mas que el 18 por 100, se consumirán 25 kilogramos de carbon.

Las pérdidas de calor pueden ser clasificadas de la manera siguiente:

- a) Calor resultante de la evaporacion del agua.
- b) Calor absorbido i perdido por los residuos.
- c) Calentamiento de aparatos.
- d) Pérdida debida a una elevacion de temperatura que no corresponde a una mejor disolucion del nitrato; i,
- e) Pérdidas por irradiacion.

Analizando estas partes, se llega a la conclusion de que son tanto mas grandes que la diferencia de temperatura entre la atmósfera i el líquido, i al final de la operacion es mas grande cuanto es mas pobre el caliche.

El sistema actual de elaboracion tiene su repercusion sobre el modo de

extraccion del caliche en el terreno, porque obliga a una clasificacion, lo que contribuye a aumentar la mano de obra i exige un amortizamiento mas rápido del terreno, por esta causa el precio de costo del nitrato de sosa es tan elevado.

El kilogramo de ázoe del nitrato de sosa puesto a bordo sobre la costa de Chile, cuesta lo ménos 0,88 francos, i es, por lo tanto, necesario calcular que su costo medio viene a ser un franco.

Este precio de coste se reparte así:

Derechos de esportacion.....	41 por 100
Accesorios (sacos, aceites, forrajes. pólvora. etc.	6 »
Trasporte del producto a bordo i comision. ....	11 »
Administracion i gastos jenerales.....	3 »
Mano de obra.....	19 »
Carbon.....	11 »
Amortizacion.....	9 »

Las cuatro primeras partidas son cantidades independientes de todos los sistemas de elaboracion i de extraccion, mui difíciles de reducir; por el contrario, las tres últimas son variables i dependen del sistema actual de trabajo, i precisamente sobre éstos es necesario fijar la atencion para disminuir el precio de costo. Se deben buscar sistemas de tratamiento que consuman ménos carbon i exijan ménos mano de obra.

El costo del kilogramo de ázoe trasportado a Europa, es, por lo ménos, de 1,10 francos: como término medio pueden calcularse 1,30 francos.

De esta esposicion sucinta del estado actual de la industria de los nitratos de Chile, se puede deducir fácilmente que está lejano el dia en que los abonos azoados sintéticos puedan tener sobre ellos alguna influencia. Por el contrario, la industria chilena posee un medio de obtener un precio de costo ménos elevado, bien explotando los terrenos vírjenes todavía pertenecientes a los particulares o al Estado, o bien mejorando los procedimientos de tratamiento o disminuyendo los derechos de esportacion. Estos tres elementos tienen una importancia grande, i juntos pueden acarrear una baja sensible sobre el precio del ázoe nítrico que mi pais proporciona al consumo mundial.

BELISARIO DIAZ OSSA,  
 Profesor de Tecnología del Salitre  
 en la Universidad de Chile.

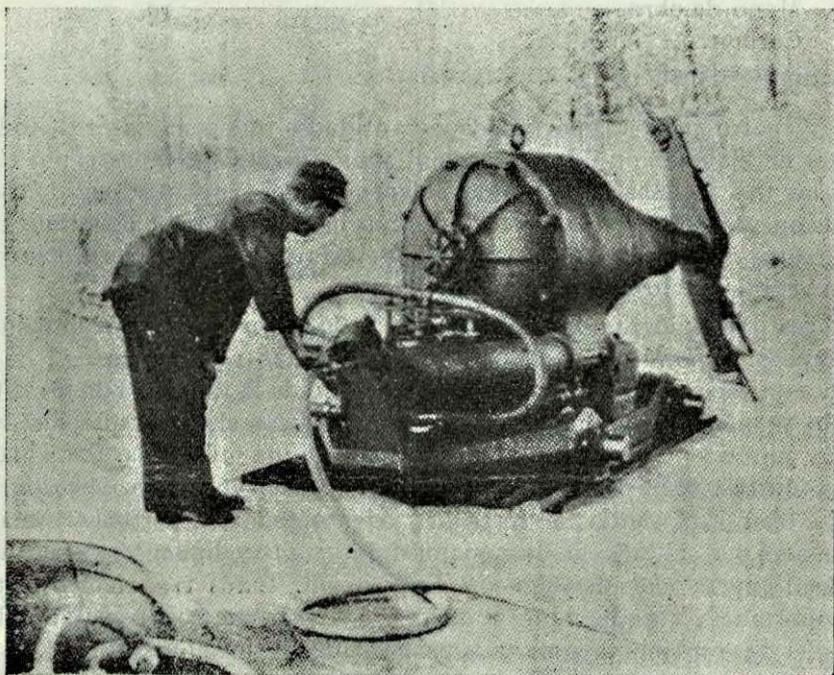


## La conduccion del carbon de piedra por tubos

El proyecto de conducir por tubos una mezcla de carbon de piedra pulverizado i agua, a la manera que hoi se bombea el aceite, por ejemplo, no es cosa ueva; pero es el caso que hasta ahora se ha limitado a los ciscos que se producen en los procedimientos ordinarios de explotacion de minas los cuales a menudo se lavan. Jamas se ha puesto en práctica desde el punto de vista industrial, al ménos en una escala considerable. Pero en la actualidad dos

inventores de New York se proponen extraer el carbon de piedra en forma de cisco, empleando al efecto una máquina construida especialmente con ese fin, mezclar el cisco en seguida con agua i despues bombearlo por conducto de tubos. Dicho producto se separa debidamente del agua i se seca en el puesto de su destino, pudiendo entónces usarse para todos o casi todos los fines para los cuales se utiliza actualmente el carbon en trozos. En una revista titulada «The Manufacturer's Record», que se publica en Baltimore, un articulista dice lo siguiente;

«Esta máquina, cuyo objeto primordial es triturar o pulverizar el carbon de piedra se ha probado ya prácticamente i, segun opinion de los ingenieros que



Máquina trituradora de carbon mineral

la inventaron, su operacion ha resultado ser tan económica que no vacilan en asegurar que es probable que produzca un cambio no solo en toda la explotacion de minas de carbon de piedra, sino tambien en el transporte i consumo de dicho producto.

En relacion con el laboreo de minas de carbon de piedra con arreglo a este sistema se propone que el carbon de piedra granulado o pulverizado mezclado con agua, se bombee por medio de tubos hasta la distancia que se desee i, segun se asegura, con un costo mucho menor que el que ocasiona conduciéndose por ferrocarril. Dícese, ademas, que cuando el carbon de piedra pulverizado se hecha en el horno mediante la accion de un fuelle se economiza mas que cuando dicho combustible se arroja en trozos en la parrilla.»

Los inventores son los señores Joseph H. Hoadley i Walter H. Knight, de New York. Al proponer este nuevo sistema, dicen lo siguiente:

«La máquina moledora de carbon de piedra de «Hoadley-Walter», no solo corta dicho producto desde el suelo hasta el techo i lo pulveriza, sino que lo conduce por tubos mezclado con agua, en la misma mina, hasta cualquiera distancia que se desee, como por ejemplo, hasta el lavadero de carbon de piedra o hasta el depósito de éste, próximo al horno de carbonizar hulla. De esta manera se prescinde por completo del empleo de esplosivos, i como quiera que la mina siempre se conserve húmeda i limpia, nunca hai cisco. Por esta razon el sistema de que se trata es especialmente seguro i adecuado para usarse en minas gaseosas.

La máquina, propiamente dicha, es automática i funciona mediante la accion de un simple mecanismo hidráulico que la impulsa a lo largo del piso hasta la superficie del filon, siendo así que las cuchillas jiratorias dispuestas en el eje de armazon del motor de induccion cortan el carbon a la manera de una sierra circular corta la madera.

Una manguera de bomba de incendios que se estiende desde una fuente de agua bajo presion, arroja una poderosa corriente de agua contra la superficie del carbon de piedra miéntras este se corta, haciendo desaparecer así todo el polvo i conservando los instrumentos frios. El agua que de esta manera se impulsa contra el carbon de piedra se lleva consigo el producto triturado que corre hácia el depósito mas cercano, i desde allí se bombea a cualquier lugar que se desee.

Se ha encontrado que el violento chorro de agua contribuye a que la cuchilla triture el carbon de piedra, de tal modo, que el producto se corta por completo, tanto en la parte inferior como en la parte superior, o sea el piso i el techo, aun cuando a las cuchillas les falten varias pulgadas para llegar a uno u otro lugar.

Se ha encontrado, asimismo, que cortando espacios angostos i dejando pilares o columnas angostas puede prescindirse en gran manera de los puntales de madera, i en algunas minas el uso de estos es enteramente innecesario. La eliminacion de dichos sóportes o puntales, así como del acarreo, los esplosivos i de casi todo el trabajo mas árduo, constituyen algunas de las ventajas que ofrece este nuevo sistema.

LUIS OSSA LORCA.



## Dosificacion de los nitratos en el salitre

### INTRODUCCION

El método que debe adoptarse para la dosificacion de los nitratos en el salitre, constituye en la actualidad un problema de alto interes para la industria salitrera.

Ya en el año pasado, en el Octavo Congreso de Química aplicada celebrado en Nueva York, se discutió este punto; los químicos norte-americanos manifestaron sus preferencias por el método de Devarda, propuesto por uno de ellos—Mr. Walter S. Allen—con tal cúmulo de precauciones que su aplicación resulta en extremo difícil.

El trabajo que presento no es sino una pequeña contribución a la resolución del problema.

#### DISTRIBUCION DEL TRABAJO

En esta memoria no he estudiado sino tres métodos: el del sulfato ferroso, el del nítrómetro i el del nitron; a este último he dedicado especial atención por tratarse de un procedimiento sobre el cual poco o nada se ha hecho en Chile.

He trabajado con dos muestras de salitre traídas de la Estación Agronómica de la Quinta Normal i provenientes, una de la oficina Lastenia i la otra de la oficina Aníbal Pinto; la primera presentaba un fuerte olor a yodoformo i era de color mucho más oscuro que la segunda; además empleé un licor tipo de nitrato de sodio puro de la marca E. Merck.

Con estas tres muestras preparé disoluciones a las cuales di tres concentraciones diversas con el objeto de obtener resultados con lei alta, media i baja; en el primer caso disolví 10 gramos de las sustancias en un litro de agua; en el segundo, 5 gramos por litro; i un gramo por litro en el tercero.

Hice también algunos ensayos cualitativos con el nitron.

Antes de entrar en materia, doi una lista de los métodos más usados para dosificar el ácido nítrico en el salitre.

#### MÉTODO DE DOSIFICACION DE LOS NITRATOS EN EL SALITRE

- I. Métodos de reducción a óxido nítrico.
  - A. Por medida del óxido nítrico:
    1. Método nitrométrico de Lunge.
    2. Método de Schloessing—Grandeau—Wagner.
  - B. Por determinación volumétrica del ácido nítrico obtenido al oxidar el óxido nítrico con peróxido de hidrógeno:
    1. Método de Wilfarth.
  - C. Por reducción con una sal ferrosa i titulación subsiguiente con permanganato de potasio:
    1. Método de Pelouze i Fresenius.
- II. Métodos de reducción a amoníaco en solución alcalina:
  1. Método de Stutzer; la reducción se efectúa con hidróxido de sodio i aluminio.
  2. Método de Sievert; reducción con potasa alcohólica i polvo de zinc i de hierro.
- III. Métodos de reducción a amoníaco en solución ácida:
  1. Método de Ulsch; reducción con hierro reducido i ácido sulfúrico diluido i titulación subsiguiente después de agregar hidróxido de sodio.

2. Método de Schmitt; reduccion con una mezcla de polvos de hierro i zinc en solucion acética.

3. Método de Hildesheimer (modificacion del de Jodbauer); reduccion con ácido fenolsulfúrico, polvo de zinc i mercurio.

4. Método de Förster; reduccion con ácido sulfosalicílico, hiposulfito de sodio i mercurio.

5. Método electrolítico de Ulsch.

6. Método electrolítico de Ingham.

#### IV. Métodos de reduccion a ácido nitroso:

1. Método de Gantter; reduccion por el ácido fosforoso i medida del nitrógeno desarrollado por el calentamiento del nitrito de amonio resultante.

#### V. Determinacion del ácido nítrico por la pérdida de hidrógeno:

1. Método de Ulsch; una cantidad medida de ácido sulfúrico reacciona primero sobre una aleacion de cobre i hierro i despues sobre la misma aleacion acompañada del nitrato; el hidrógeno desarrollado en los dos casos es medido en el nitrómetro i los volúmenes comparados.

#### VI. Descomposicion por el ácido clorhídrico:

1. Método de Förster; dos o tres gramos de salitre secado a 150°, se evaporan con 25 cc. de ácido clorhídrico al 19%, por tres veces sucesivas en un crisol de porcelana i al baño maría; el cloruro resultante se seca a 150° i se pesa. El nitrógeno es igual a la pérdida de peso del nitrato multiplicado por 0,5283.

2. Método de Gowan; descomposicion con ácido clorhídrico i absorcion del cloro i del cloruro de nitrosilo resultantes con yoduro de potasio.

3. Método de Böhlig; descomposicion con ácidos sulfúrico i clorhídrico, absorcion del cloro libre con ferrocianuro i titulacion de éste con permanganato.

4. Método de Benseman.

#### VII. Métodos de ignicion:

1. Método del cromato de potasio.

2. Método de la sílice.

#### VIII. Método de combustion:

1. Método de Arnold; ignicion con cal sodada, hiposulfito de sodio i formiato de sodio.

2. Método de Houzeau; con cal sodada, hiposulfito de sodio i acetato de sodio.

3. Método de Boyer; con cal sodada, oxalato de calcio i azufre.

#### IX. Métodos de precipitacion:

1. Método de Busch; precipitacion por medio del nitron.

Fresenius indica aun otros métodos que he creido conveniente no esponer, por ser ménos importantes.

## I

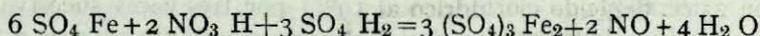
## MÉTODO POR EL SULFATO FERROSO

Es el procedimiento mas usado en las oficinas salitreras. Está basado en una reaccion cualitativa de los nitratos, que consiste en agregar sulfato ferroso a la solucion en que se sospecha la presencia del nitrato, adicionada de ácido sulfúrico. A pesar de que da resultados poco exactos, con aproximaciones de 2 a 3%, ha sido adoptado por su rapidez i por su sencilla manipulacion.

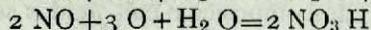
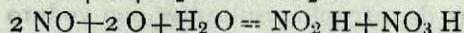
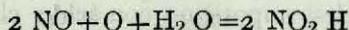
La reaccion íntima es la siguiente; al dejar caer el sulfato ferroso (verde) es oxidado por el ácido nítrico puesto en libertad por el ácido sulfúrico i transformado en sulfato férrico (amarillo); el ácido nítrico a su vez es reducido a óxido nítrico que se disuelve en el sulfato ferroso comunicándole una coloracion parda. Cuando todo el ácido nítrico ha sido reducido por el sulfato ferroso, las nuevas porciones de éste permanecen sin oxidarse i disuelven el óxido nítrico formado, tomando el líquido color pardo, que va aumentando de intensidad hasta disolver todo el gas.

Se toma como límite la cesacion en el aumento de intensidad de la coloracion. El ensaye se efectúa habitualmente entre 60° i 80°.

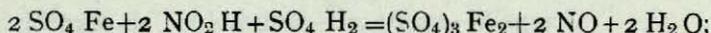
La ecuacion es la siguiente:



el óxido nítrico es oxidado por el oxígeno del aire en ácidos nitroso i nítrico:



estos ácidos actúan sobre nuevas cantidades de sulfato ferroso:



de modo que mientras mas tiempo dura el ensaye, se rejenera mayor cantidad de ácidos nitroso i nítrico i por consiguiente se gasta mayor cantidad de sulfato ferroso, lo que hace aparecer la cantidad de nitrato mas elevada de lo que es en realidad. Es esta la principal causa de error del método, error que puede atenuarse operando con rapidez.

La observacion del límite requiere cierta práctica visual, a la que se llega despues de repetidos ensayes.

Hai tambien otros factores que influyen en la exactitud del método, como la temperatura, la dilucion, etc.

Para operar, hai que titular previamente el sulfato ferroso. Para esto se prepara una disolucion que contiene 10 gramos de nitrato de sodio de Merck por litro; se vierten en una cápsula de porcelana 25 cm.<sup>3</sup> de esta disolucion (o sea, 250 miligramos de nitrato), se agregan 10 cm.<sup>3</sup> de ácido sulfúrico (D=1,84), se calienta a 70° i se deja caer desde una bureta el sulfato ferroso,

revolviendo continuamente el líquido. Una vez que la coloracion parda persiste i no aumenta mas, la titulacion ha terminado, pero debe efectuarse tres o mas veces i adoptar el promedio de los resultados; el título se espresa en miligramos de nitrato de sodio i se obtiene dividiendo la cantidad de nitrato que habia en la cápsula (en este caso 250 mgrs.) por el número de centímetros cúbicos gastados.

El ensaye del salitre se practica en la misma forma.

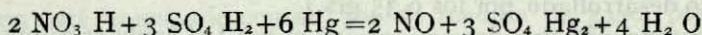
Doi a continuacion los resultados que he obtenido con una solucion de sulfato ferroso cuyo título era 8,9 mgrs. de  $\text{NO}_3 \text{Na}$ :

	Nitrato real	Nitrato encontrado
10 grs. por litro { Nitrato de sodio Merck. Muestra de salitre N.º 1 Muestra de salitre N.º 2	0,25 grs.	0,246 grs. 0,237 » 0,231 »
5 grs. por litro { Nitrato de sodio..... Muestra N.º 1..... Muestra N.º 2.....	0,125 »	0,126 » 0,118 » 0,117 »
1 gr. por litro { Nitrato de sodio..... Muestra N.º 1..... Muestra N.º 2.....	0,025 »	0,0249 » 0,0240 » 0,023 »

II

MÉTODO POR EL NITRÓMETRO

El principio en que está fundado este método es debido a Walter Crum i consiste en que el ácido nítrico, el ácido nitroso, sus sales i sus éteres, desprenden todo su nitrógeno en forma de óxido nítrico, cuando se ponen en contacto con mercurio i ácido sulfúrico. La reaccion es:



El aparato que ha hecho práctico este procedimiento es el *nitrómetro de Lunge*. Se compone de una bureta de gas comunicada por su estremidad inferior con un tubo de equilibrio, por medio de un tubo de caucho resistente. En la parte superior de la bureta se encuentra una llave provista de dos aberturas oblicuas que permiten poner la bureta en comunicacion a voluntad, sea con el embudo que existe sobre ella, sea con un tubo de desprendimiento encorvado.

La bureta está graduada en centímetros cúbicos a partir de la llave.

Para proceder a una determinacion hai que verter primeramente el mercurio en el aparato, de modo que estando el tubo de nivel levantado, una pequeña parte de él i la bureta entera estén llenas del metal.

Una vez hecho esto, se vierte en el embudo el nitrato por dosificar en solución muy concentrada (se puede también introducirlo sólido i ahí disolverlo en un poco de agua); se baja un poco el tubo de equilibrio, se abre la llave suavemente i se deja penetrar la solución, teniendo cuidado de que no entre ninguna burbuja de aire.



FIG. 1

El embudo se lava primero con un  $\text{cm}^3$  de agua i después con  $15 \text{ cm}^3$  de ácido sulfúrico concentrado, que se hacen pasar a la bureta con las mismas precauciones anteriores.

En seguida se saca la bureta de su soporte i se coloca horizontalmente a fin de poner la solución en contacto con una gran superficie del mercurio, se la levanta bruscamente i se repite esta operación varias veces a fin de formar una especie de mezcla del mercurio con el líquido ácido.

Se coloca la bureta en su soporte, i cuando no haya más desprendimiento de óxido nítrico i desaparezca la espuma formada por la agitación, se nivelan la bureta i el tubo de equilibrio, de modo que el mercurio llegue al mismo nivel en los dos tubos.

Para hacer la lectura del volumen, hai que ver si el gas está a la presión atmosférica, para lo cual se echa un poco de ácido sulfúrico en el embudo i se deja caer abriendo la llave cuidadosamente; si el gas está a menor presión de la atmosférica, el ácido entra, en cuyo caso se cierra la llave antes de que penetre todo; la operación se repite después de levantar ligeramente el tubo de equilibrio. Si por el contrario, el gas trata de escapar a través del ácido, se cierra la llave rápidamente i se baja el tubo de equilibrio. Así se efectúa una serie de manipulaciones hasta dejar el gas a la presión exterior; entonces se hace la lectura del volumen, de la presión i de la temperatura, para reducirlo después a la temperatura i presión normales.

Esta reducción puede evitarse procediendo por comparación, para lo cual se opera primero con un licor tipo de nitrato de sodio puro i por medio de simples proporciones se encuentran las cantidades de nitrato.

El depósito de ácido que queda en la bureta corresponde, según Lunge (1), al mercurio en la proporción de 6,5 divisiones del primero por una del metal.

Se aconseja además no emplear más de 0,35 grs. de nitrato de sodio puro para nitrómetros de  $100 \text{ cm}^3$  (pues, es este aproximadamente el volumen de óxido nítrico desarrollado por los 0,35 grs.)

Una vez concluida una determinación, el gas i el ácido se espulsan levantando el tubo de equilibrio i el aparato queda listo para servir.

Debe tenerse especial cuidado en que la llave ajuste exactamente, lo que se consigue con un poco de vaselina.

Por medio del nitrómetro pueden obtenerse resultados con una aproximación de 0,2%. Para el cálculo hai que tomar en cuenta el depósito de ácido cuyo equivalente en mercurio ya se ha visto; cada  $\text{cm}^3$  de óxido nítrico corresponde a 0,0037986 gramos de nitrato de sodio; el porcentaje se obtiene con la

(1) Lunge, «Technical Methods of chemical analysis», 1908.

fórmula:  $\frac{0,37986 \cdot x}{a}$ , en que  $x$  representa el volúmen total i  $a$  el peso de sustancia tomado.

Operando por comparacion con licores tipos de nitrato de sodio, he obtenido los resultados siguientes:

	Nitrato real	Nitrato encontrado	
10 grs. por litro	Nitrato de sodio Merck..... Muestra de salitre núm. 1..... Muestra de salitre núm. 2. ....	0,2 gramos	0,2008 gramos
			0,1921 »
			0,1873 »
5 grs. por litro	Nitrato de sodio..... Muestra núm. 1..... Muestra núm. 2.....	0,1 »	0,0997 »
			0,0958 »
			0,0945 »
1 gr. por litro	Nitrato de sodio..... Muestra núm. 1..... Muestra núm. 2.....	0,02 »	0,02006 »
			0,0194 »
			0,0187 »

En vez del nitrómetro, puede emplearse el volúmetro de gas de Lunge, en que se efectúa la reduccion del volúmen del gas a 0° i 760 mm. de presion, sin necesidad de observar la temperatura i la presion, ni de cálculos.

El principio del aparato es encerrar un volúmen conocido de aire a una presion tal que ocupe exactamente el volúmen que tendria a 0° i 760 mm. Si se aplican esta temperatura i esta presion a otro volúmen de gas, tambien ocupará el que tendria a 0° i 760 mm. Esta condicion se consigue encerrando el el volúmen conocido de aire en un tubo de reduccion, al cual se agrega un tubo de presion, que se coloca en una posicion tal que el gas en el tubo de reduccion es llevado al volúmen que ocuparia en las condiciones normales; el tubo de reduccion está conectado con el tubo de medida de gases por medio de una pieza en forma de T; nivelando la altura del mercurio en los dos tubos, la correccion del volúmen es aplicable directamente al gas que está en el tubo de medida.

Hai numerosas modificaciones, tanto del nitrómetro como del gas volúmetro.

### III

#### MÉTODO POR EL NITRON

Hasta el presente no se conoce sino un método de dosificacion de los nitratos por precipitacion: el del nitron.



elevados i este exceso no corresponde a la cantidad de ácido, sino que es arbitrario.

6) Los resultados del análisis de los nitratos son bastante satisfactorios i *mas exactos que los de cualquier otro método.*

Lijeras observaciones hechas por Hes motivaron una contestacion de Busch (1) i otra de Paal i Ganghofer (2), químicos del instituto farmacéutico-químico de la Universidad de Erlangen.

El primero considera mui estrechos los límites de precipitacion dados por Hes; agrega que cuando en una solucion se vierten 5 cm<sup>3</sup> de agua con 10 gotas de acetato de nitron i se forma inmediatamente el precipitado o la sal cristaliza en dos minutos, puede asegurarse que la solucion contiene 100 miligramos de nitrato por litro; en esta forma puede obtenerse un resultado mui aproximado i con gran rapidez.

En cuanto a los malos resultados obtenidos por Hes al precipitar los nitratos en presencia de sustancias orgánicas, Paal i Ganghofer esponen que fueron debidos a que Hes no siguió los tratamientos especiales indicados para estos casos i a que usaba, en vez de crisoles de Gooch i Neubauer, papel de filtro, que es impropio para operaciones de esta naturaleza.

E. Löhman emplea la precipitacion por el nitron para determinar los nitratos i nitritos en los caldos provenientes de cultivos bacteriológicos.

J. Litzendorff (3) usa este método en la determinacion de nitratos i nitritos en las tierras i plantas. Para dosificar los nitritos, los oxida previamente con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en licor ácido.

El nitron es empleado tambien en el análisis de explosivos (4) conjuntamente con el nitrómetro i con el método de Schloessing; en el caso de la nitro-celulosa,

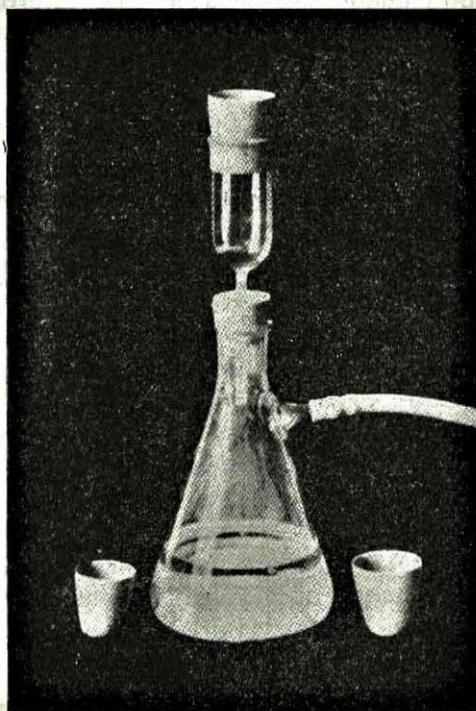


FIG. 2.

hai que saponificarla primero con Na OH.

El temor de alargar demasiado esta esposicion, me impide mencionar otros casos en que el nitron es usado i que agregado a los anteriores, prueban la universalidad del procedimiento.

1) Zeitschrift für analytische chemie, 1909, 6.

(2) La misma revista, 1909, 9.

(3) «Emploi du nitron pour le dosage de l'acide azotique dans les solo et dans les plantes» par M. J. Litzendorff—Le Moniteur scientifique—Quesneville, 1909, Set.

(4) Revue de Chimie industrielle, 1909, Enero.

## MODO OPERATORIO

Se disuelve 0,1 gr. de nitrato (o la cantidad aproximada de sustancia) en 80 a 100 cm<sup>3</sup> de agua en una cápsula; se agregan 12 a 15 gotas de ácido sulfúrico diluido, se calienta casi hasta la ebullición, se agregan 10 a 12 cm<sup>3</sup> de acetato de nitron. (El acetato de nitron se prepara disolviendo 10 gramos de nitron en 100 cm<sup>3</sup> de ácido acético al 5% i se conserva en frasco amarillo). La mezcla se ajita con una varilla de vidrio i se deja en reposo por tres cuartos de hora.

Cuando empieza a enfriarse i llega a 50°, se separan agujas brillantes que forman un conjunto semejante a la seda: es el nitrato de nitron que empieza a cristalizar; una vez que la mezcla alcanza la temperatura ordinaria, se coloca en agua helada durante una hora u hora i media. Entónces se vierte el precipitado en un crisol de Gooch (1), lavando cuidadosamente la cápsula i se filtra a la trompa lentamente. El precipitado se lava con 10 a 12 cm<sup>3</sup> de agua helada i se seca hasta peso constante entre 105° i 110°, operacion que demora mas o ménos <sup>3</sup>/<sub>4</sub> de hora.

El nitrato de nitron se espresa en NO<sub>3</sub>, en N<sub>2</sub> O<sub>5</sub> o en H NO<sub>3</sub>; para espres-

		Nitrato real	Nitrato encontrado
10. grs. por litro	{ Nitrato de sodio Merck	0,1 gr.	0,0999 grs.
	{ Muestra de salitre N.º 1		0,0961 »
	{ Muestra de salitre N.º 2		0,0943 »
5 grs. por litro	{ Nitrato de sodio.....	0,05 »	0,0500 »
	{ Muestra N.º 1.....		0,0478 »
	{ Muestra N.º 2.....		0,0476 »
1 gr. por litro	{ Nitrato de sodio.....	0,01 »	0,0100 »
	{ Muestra N.º 1.....		0,0096 »
	{ Muestra N.º 2.....		0,0095 »

(1) En mis esperiencias he usado filtros-crisoles fabricados por la Norton Company. Son de alundun, sustancia que se prepara fundiendo la bauxita en hornos eléctricos i que, por consiguiente, es prácticamente alúmina pura fundida.

Los crisoles Norton son valiosos elementos por su solidez, resistencia a los cambios de temperatura i por fundirse a la elevada temperatura de 2.100°. Son ademas inatacables por los agentes químicos; su variacion de peso en las calcinaciones es casi nula.

sarlo en este último hai que multiplicar el peso del precipitado de nitrato de nitron por 0,168 (1).

Este método ha dado los resultados que van a continuacion:

El método nitrométrico ha dado cifras poco concordantes; los errores son a veces por defecto, a veces por exceso. Considero este procedimiento mas espuesto a errores que el del nitron. El manejo del aparato, la lectura i la correccion del volúmen de gas requieren un cúmulo de precauciones difíciles—sobre todo para principiantes.

Con el sulfato ferroso he obtenido números mas bajos aun; solamente en la solucion de 5 grs. por litro el error es por exceso. Puede observarse tambien que existe cierta gradacion en los errores, que van atenuándose a medida que se ha operado con ménos cantidad de nitrato. Esta especie de escala es debida a que la observacion del límite, para el ojo poco habituado a este procedimiento, es relativamente difícil en soluciones concentradas de nitrato; la cesacion en el aumento de la intensidad de la coloracion no es bien perceptible; en cambio en las soluciones diluidas, este límite aparece bien claro i neto.

#### CONCLUSIONES

Considero superfluo estenderme en mas consideraciones sobre el método del sulfato ferroso. Su rapidez considerable i su extrema sencillez hacen de él un procedimiento irremplazable en establecimientos que necesitan hacer un número considerable de determinaciones i en que no se exige un alto grado de exactitud (en las oficinas salitreras se hacen 100 i mas ensayos diarios). Operando con cuidado i en buenas condiciones, da resultados mui apropiados para los fines industriales.

En cuanto al nitrómetro, es superior en exactitud al método anterior i bastante rápido.

El nitron es el mas exacto de los tres que he estudiado. Tiene un defecto mas aparente que real: su precio elevado. Ensayos que he hecho para recuperar el nitron del precipitado que da con los nitratos, por medio del cloroformo i amoníaco, me han demostrado que la cantidad perdida es insignificante. El nitron recuperado no pierde ninguna de sus propiedades i queda apto para servir a nuevas determinaciones. Por su gran exactitud es un elemento de gran valor en aquellas investigaciones científicas que exigen una gran precision. Co-

(1) «Logarithmische regentafeln für Chemiker» von Dr. F. W. Küster.

Treadwell indica este cálculo para obtener el porcentaje en  $\text{NO}_3$ , en que  $a$  representa los gramos de sustancia tomada i  $p$  el peso del precipitado:

$$\text{C}_{20} \text{H}_{16} \text{N}_4, \text{HNO}_3: \text{NO}_3 = p: s$$

$$s = \frac{\text{NO}_3}{\text{C}_{20} \text{H}_{16} \text{N}_4 \text{HNO}_3} \cdot p$$

$$a = \frac{\text{NO}_3}{\text{C}_{20} \text{H}_{16} \text{N}_4 \text{HNO}_3} \cdot p = 100: x$$

$$x = \frac{100 \cdot \text{NO}_3}{\text{C}_{20} \text{H}_{16} \text{N}_4 \text{HNO}_3} \cdot \frac{p}{a} = \frac{6201}{375,186} \cdot \frac{p}{a} = 16,5277 \cdot \frac{p}{a} = \% \text{ de } \text{NO}_3$$

CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LOS TRES MÉTODOS

SUSTANCIAS	SULFATO FERROSO		NITROMETRO		NITRON	
	Nitrato real	Nitrato encontrado	Nitrato real	Nitrato encontrado	Nitrato real	Nitrato encontrado
10 grs. por lt. { Nitrato de sodio Merck.....	0,25 gr.	0,246 gr.	0,2 gr.	0,2008 gr.	0,1 gr.	0,0999 gr.
{ Muestra de salitre núm. 1.....		0,237 »		0,1921 »		0,0961 »
{ Muestra de salitre núm. 2.....		0,231 »		0,1873 »		0,0943 »
5 grs. por lt. { Nitrato de sodio.....	0,125 »	0,126 »	0,1 »	0,0997 »	0,05 »	0,0500 »
{ Muestra núm. 1.....		0,118 »		0,0958 »		0,0478 »
{ Muestra núm. 2.....		0,117 »		0,0945 »		0,0476 »
1 gr. por lt. { Nitrato de sodio.....	0,025 »	0,0249 »	0,02 »	0,02006 »	0,01 »	0,0100 »
{ Muestra núm. 1.....		0,0240 »		0,0194 »		0,0096 »
{ Muestra núm. 2.....		0,023 »		0,0187 »		0,0095 »

mo método de control pudiera emplearse también en las salitreras. Las pérdidas de tiempo inherentes a los métodos gravimétricos se atenúan considerablemente en este procedimiento usando los filtros-crisoles de Norton o de Gooch. Trabajando en serie, puede efectuarse un gran número de determinaciones por día.

---

Cúmpleme expresar mis mejores agradecimientos al señor don Belisario Diaz Ossa, profesor de la Cátedra del Salitre, en cuyo laboratorio ha sido hecho el presente trabajo.

GUILLERMO GARCIA LATORRE  
Ayudante de los cursos de Química i Biología en el  
Instituto Nacional.

#### OBRAS CONSULTADAS

Lunge.—Technical Methods of chemical analysis, translated from the latest german edition by Ch. A. Keane.

Fresenius.—Traité d'analyse chimique.

F. P. Treadwell.—Chimie analytique, traduit par Edouard Düringer.

Post i Neumann.—Traité complet d'analyse chimique appliquée aux essais industriels.

G. Deniges.—Chimie analytique.

C. Poulenc.—Nouveautés chimiques pour 1012.

W. Küster.—Logarithmische regentafeln für chemiker, etc.

F. A. Sundt.—Essays de nitratos, yodo, cloratos i percloratos en el salitre.

B. Diaz Ossa.—Informe del delegado de Chile al Octavo Congreso de Química aplicada.

Zeitschrift für analytische chemie von H. Fresenius.

Revue de Chimie industrielle.

Moniteur scientifique du Quesneville.



## Método de explotación del salitre chileno por medio de palas a vapor <sup>(1)</sup>

Nevada (EE. UU.), Enero 29 de 1913.

Señor D. Belisario Díaz Ossa.—Santiago.

Mi estimado amigo:

Leo en *El Mercurio* del 8 de Diciembre pasado, las consideraciones hechas en el seno del Consejo Salitrero respecto a la escasez de brazos en las salitreiras i las soluciones propuestas para remediar la situación.

Puedo proponerle una solución para este problema.

He estado estudiando últimamente la posibilidad de hacer una explotación mas racional del caliche, teniendo en vista la aplicación en la Pampa de los métodos usados aquí en el trabajo de los yacimientos porfíricos de cobre, de ciertos yacimientos superficiales de carbon i de los depósitos de fosfatos.

El método consiste en el empleo de palas a vapor de construcción especial para satisfacer a las exigencias de la explotación de cada yacimiento en particular. El método ha sido un éxito en todos los casos en que ha sido aplicado con buen criterio.

Gracias a este método es posible i provechoso el trabajo de los yacimientos porfíricos de cobre de baja ley, en este país que está (en el Oeste) en peores condiciones que el nuestro en cuanto a escasez de brazos i carestía de salarios.

Como ilustración le diré algo de las condiciones existentes en el distrito minero de Ely, Nevada, donde residí desde hace tres meses dedicándome al estudio de los métodos de explotación i beneficio de los minerales.

Los depósitos porfíricos de cobre, de gran extensión, tienen una ley media que no sube de 1,5 % de cobre. Los salarios son como sigue:

Mecánicos, carpinteros, etc., 4.50 dollars por 8 horas al día.

Obreros ordinarios americanos, 3.50 dollars por 8 horas al día.

Obreros extranjeros, principalmente griegos, chinos i japoneses, ganan 2 dollars al día de 9 horas. Estos obreros extranjeros son de malísima calidad i puede considerárseles como sordo-mudos, pues en jeneral, no entienden una palabra de inglés aun después de un año de permanencia en el país.

El carbon es relativamente caro, seis dollars por tonelada, i el agua escasa.

Con todos estos inconvenientes el empleo de las palas a vapor hace posible el trabajo económico de dichos yacimientos.

Después de haber estudiado por mí mismo la posibilidad del empleo de las palas a vapor en la explotación del caliche, le espuse el problema tal como se presenta en Chile a Mr. Vanderhoef, Superintendente de las minas de la Nevada Consolidated Copper Co., para que me diera su opinión al respecto.

(1) Creemos de interés publicar íntegramente una comunicación que el ingeniero señor Juan Blanquier ha dirigido al Profesor de la Cátedra de Salitre de la Universidad, señor Belisario Díaz Ossa.

Mr. Vanderhoef, que dicho sea de paso, es considerado como uno de los especialistas mas competentes en esta clase de trabajos en los EE. UU., i que está al frente de una de las explotaciones mas importantes con palas a vapor de este pais, se ha servido hacerme un bosquejo del trabajo de las salitreras por este método i una estimacion del costo de explotacion.

Le incluyo copia del proyecto de Mr. Vanderhoef; en él se toma como base una explotacion de 1.000,000 de toneladas de caliche al año.

Sin ocuparme de la economía en la explotacion i mejor aprovechamiento de los yacimientos que significaria la adopcion del método propuesto, quiero hacerle notar solamente la reduccion del personal que con él puede obtenerse.

Tenemos que una explotacion de 1.000,000 de toneladas de caliche al año de 20 % de lei basta para alimentar tres oficinas de una capacidad productora anual de 1,000 quintales de salitre cada una. En las condiciones actuales una de estas oficinas tiene en término medio 500 hombres ocupados en la pampa entre barreteros, particulares i carreteros. Es decir, las tres oficinas ocuparian unos 1,500 hombres en la pampa.

Segun los datos consignados en el capítulo «Organizacion» del informe que le incluyo, el mismo trabajo puede hacerse con el siguiente personal:

4 palas a vapor con 9 hombres cada una.....	36	hombres
14 perforadoras con 2 hombres cada una.....	28	»
1 cuadrilla de polvoreros.....	13	»
1 cuadrilla de carrilanos.....	40	»
1 cuadrilla de aguadores, 2 hombres por pala...	8	»
Personal para 8 trenes de caliche.....	12	»

Total..... 137 hombres.

Suponiendo que se trabajen las 24 horas en dos jornadas de 12 horas, se requeriria un personal de 274 hombres. Esto es simplemente el personal de pampa, excepcion hecha de los mayordomos respectivos.

En la conclusion de su informe Mr. Vanderhoef dice: «El objeto de este artículo es determinar si seria conveniente hacer mayores investigaciones. Creo que dichas investigaciones están justificadas.»

Yo emprenderia gustoso estas investigaciones, me trasladaria a Kansas i a Florida, donde se emplea el procedimiento en cuestion para la explotacion de yacimientos superficiales de carbon i de fosfatos, en condiciones bastante semejantes a las de la pampa salitrera. Estimo que una estadía de seis meses en dichos lugares me permitiria hacer un estudio prolijo, técnico i económico de los procedimientos usados i estaria en condiciones de organizar en la pampa salitrera una faena espermental de acuerdo con un plan adecuado estudiado aquí.

Emprenderia este estudio si el Gobierno me asignara una subvencion de dos mil dollars para atender a mis gastos durante el tiempo estipulado.

Usted conoce las condiciones de la vida en este pais i podrá apreciar que la suma indicada no peca por exceso.

Espero tener noticias de Ud. pronto, i en espera de ellas lo saluda atentamente su afmo. amigo.

JUAN BLANQUIER.

#### INTRODUCCION

Entre los esfuerzos para abaratar el costo de produccion del salitre, se ha propuesto como una solución posible del problema el empleo de palas a vapor. Actualmente el trabajo es hecho casi completamente a mano, resultando relativamente caro. El señor Juan Blanquier ha suministrado los siguientes datos que se relacionan con el presente cálculo:

El nitrato que tiene un espesor de dos piés está cubierto por cuatro piés de conglomerado.

Una yarda cúbica de nitrato pesa dos toneladas.

La obra de mano cuesta \$ 1.50 por dia de 10 horas.

El agua cuesta \$ 0.01 por galon.

El carbon cuesta \$ 10,00 por tonelada.

La pólvora negra cuesta \$ 0,008 por libra.

#### MÉTODO DE ESPLOTACION

En las rejiones carboníferas del sureste de Kansas existen condiciones parecidas. El carbon está en un lecho delgado cubierto de marga que alcanza de seis a treinta piés de grueso. La marga puede ser cavada sin necesidad de ser volada con pólvora, lo cual constituye una ventaja sobre la cubierta del nitrato chileno; pero sin embargo el método de explotacion parece ser aplicable a los nitratos chilenos. El método puede describirse refiriéndose a la fig. 1.

Se hace primero el corte (a) i la costra que se saca de este corte se apila en (e) si es posible. En Kansas, las materias que se sacan del corte son de tal espesor que la pala no alcanza a la distancia suficiente para amontonarlas a un

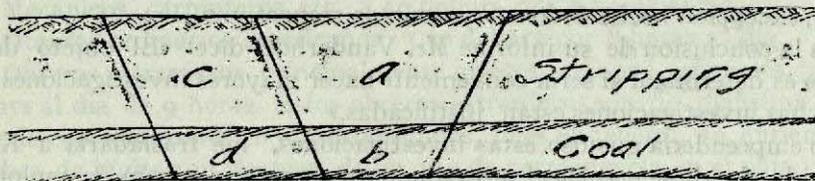


FIG. 1.

lado del corte, la parte inútil colocada a un lado tiene que ser removida también. No debería haber dificultades de este jénero en la rejion salitrera chilena porque la costra o chusca es bastante delgada i puede ser apilada a un lado del corte. En todo caso, una vez hecho el primer corte, no hai para qué apilar la costra en la superficie. Por esta razon en Kansas la pala es reemplazada despues que el primer corte está hecho.

El corte (a) deja en descubierto el carbon en (b), que es explotado en seguida, lo cual en Kansas se hace a mano. La parte que se ha sacado del corte (c) es arrojada en los cortes (a) i (b), dejando en descubierto así el carbon en

(d). Cuando se usa este método no se necesita trasportar la costra, pues excepto el primer corte, todos los demas se llenan con la costra despues que se ha explotado el carbon.

#### MANERA DE BARRENAR EL SUELO I HACERLO VOLAR CON PÓLVORA

Una de las dificultades en estas dos operaciones seria la de romper el conglomerado mezclado con el salitre. La forma ideal de romper el conglomerado i no el salitre no puede esperarse tan pronto. Para barrenar yo aconsejo el empleo de barrenos circulares Keystone, fabricados por la Keystone Driller Co., Beaver Falls, Penn. Algunas de las herramientas para barrenar tendrian que ser modificadas para que sirvieran para trabajar superficialmente. Los tallos de los barrenos tendrian que ser mas cortos para impedir que se ladeen, lo cual es inevitable en los modelos largos.

Con el objeto de dar a los tallos cortos el peso suficiente tendrian que ser de mayor diámetro que los tallos largos. Barrenando hoyos de ocho o diez pulgadas de diámetro no habria necesidad de ninguna cámara vacía.

La mejor pólvora que se deberia usar tendria que ser determinada experimentalmente. En todo caso podria ser fabricada en la rejion salitrera, a un precio mucho mas bajo que importándola.

El número de barrenos necesario para producir 1,000,000 de toneladas de salitre anualmente depende de la distancia que haya entre los hoyos que se van a barrenar. Para explotar 1,000,000 de toneladas de nitrato seria necesario remover 500,000 yardas cúbicas de salitre i 1,000,000 de yardas cúbicas de costra. Suponiendo que la costra tuviera un espesor de cuatro piés i la capa de salitre uno de dos piés, deberia escavarse una área de 6,750,000 piés cuadrados, o sean, 155 acres. El área dejada en descubierto diariamente seria 18,493 piés cuadrados, lo cual equivale a una faja de terrenos de 100 piés de ancho por 185 piés de largo. Si los hoyos barrenados se colocan a ocho piés unos de otros, seria necesario barrenar 280 hoyos cada dia. Si se barrenan hoyos de cuatro piés en la costra i de dos piés en el salitre, todos los dias se barrenará una cantidad igual a 1,680 piés. Suponiendo que cada barreno circular pueda barrenar diariamente 125 piés, se necesitarian catorce barrenos. Por supuesto, hai que presuponer algo para los casos de accidentes.

#### LA ESCAVACION

La eleccion de las palas a vapor depende de la forma de los cortes que se van a hacer. Hai dos métodos posibles de hacer los cortes que se pueden explicar con ayuda de las figuras 2 i 3. En ámbas figuras (a) representa la planta de reduccion, (b) la costra que se ha amontonado en el suelo, (c) la pala para la costra, (d) la pala para explotar el salitre, (e) el corte lleno con la costra, i la parte sombreada de rojo representa el salitre listo para ser explotado. Una pala comun por carriles se puede usar con el método representado en la fig. 2, porque la pala se mueve en una direccion i no puede volver atras. Palas revolvedoras servirian mejor para el método que se muestra en la figura 3, porque las palas no tendrian para qué volver atras una vez terminado cada corte.

Ambas palas se mueven en una direccion adecuada cuando se emplea el primer método, i, por sencillas manipulaciones la escavacion de la costra i la del salitre pueden equilibrarse fácilmente. En el último método, las palas se mueven en la misma direccion, excepto al fin de cada corte, cuando es preciso que la pala para la costra espere que la del salitre termine su corte o vuelva atras. En mi opinion, el método representado en la figura 2, es mucho mejor porque da lugar a ménos dificultades i complicaciones.

La lonjitud de los palos que sacan la costra i el tamaño i forma de ellos no pueden determinarse exactamente sin examinar el terreno i efectuar algunas esperiencias. Mui largos no sirven porque que se deforman con facilidad i mui cortos no alcanzan a la distancia suficiente.

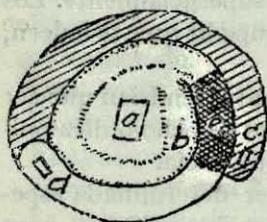


FIG. 2.

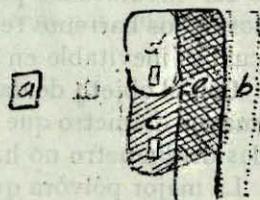


FIG. 3.

Respecto a los cálculos hechos en esta seccion, se verá que deben escavarse anualmente 1.500,000 de yardas cúbicas. Suponiendo que una pala a vapor puede remover 360,000 yardas cúbicas en un año, se necesitarian 4 o 5 palas a vapor. Este factor (360,000 yardas cúbicas por año) toma en cuenta pérdidas de tiempo, espera de carros vacíos, reparaciones i toda clase de demóras. Y sobre todo como no se va a trasportar la costra, cuatro palas harian todo el trabajo indudablemente; pero es prudente tener cinco por los accidentes i reparaciones que pueden suscitarse. Toda pala a vapor debe ser examinada minuciosamente todos los años a fin de conservar su eficiencia.

#### TRASPORTE

La costra no hai para qué trasportarla. Se habrá notado que este ítem no se ha tomado en cuenta en el costo calculado para la costra. Pequeños carriles de 36 pulgadas de ancho están ya en uso i servirian para el trabajo de la pala a vapor. Locomotoras con depósito de agua i carros de 60 toneladas de capacidad se deberian usar para acarrear el salitre. El número de locomotoras depende de varios factores, como la distancia a la planta de reduccion, etc.

#### REPARACIONES I REFORMAS

Un almacen de máquinas mui bien provisto es indispensable para guardar las palas, barrenos, locomotoras i carros en reparacion. Esta seccion debe estar bajo la vijilancia de una persona que entienda mui bien en tales reparaciones.

A cada tonelada de nitrato i a cada yarda cúbica de costra debe cargarse cierta cantidad de dinero necesaria para reparaciones. Se habrá notado en los

cálculos de los presupuestos que a cada tonelada de nitrato i a cada yarda cúbica de costra escavada se han cargado \$ 0.015 i \$ 0.030 respectivamente para constituir un fondo de reserva para reparaciones. Por ejemplo, supóngase que se remueven 1.000,000 de yardas cúbicas de costra para sacar 1.000,000 de nitrato; en este caso  $1.000,000 \times \$ 0,015 = \$ 15,000$  i  $1.000,000 \times \$ 0.030 = \$ 30,000$ , o sea un total de \$ 45,000 se reserva para gastarlo en renovar el material. Cuando la produccion es escasa, el monto que puede gastarse en reparaciones es bajo, i cuando la produccion es elevada tambien se aumentan los fondos destinados a renovaciones del material.

#### ORGANIZACION

El éxito del trabajo con palas a vapor depende mucho mas de la buena organizacion que de otros factores. Yo me atrevo a indicar la siguiente organizacion. Los nombres marcados con un asterisco no necesitan ser instruidos especialmente en su trabajo.

- 1 Superintendente.
- 1 Administrador jeneral.
- 1 Jefe para dos palas a vapor.
- 1 Mecánico jefe.
- 1 Maquinista especialista para cada pala a vapor.
- 1 Encargado de las grúas para cada pala a vapor.
- 1 Un maquinista o fogonero para cada pala.
- \*6 Trabajadores de cancha.
  - 1 Jefe de barrenos i pólvoras.
  - 1 Operario para cada barreno.
  - 1 Preparador de herramientas para cada barreno.
- \*10 Operarios para la pólvora.
- \*3 Hombres para cada torno.
  - Maestros para los carriles.
  - Operarios para los carriles.
- 1 Maestro de agua para cada turno.
- \* Aguadores.
  - 1 Jefe de patio para cada turno.
  - 1 Maquinista para cada tren.
  - 1 Fogonero para cada tren.
  - 1 Cambiador para cada tren.
  - 1 Jefe de la casa de máquinas.
  - 1 Carpintero jefe para la casa de máquinas.
  - 1 Jefe para reparaciones de carros.
  - 1 Jefe para las reparaciones de locomotoras.
  - Maquinistas, carpinteros, etc.

## COSTO DEL EQUIPO

- Casa de máquinas completamente equipada, \$ 30,000.  
 Palas a vapor \$ 18,000 a 20,000 cada una.  
 Locomotoras (modelo 36") \$ 5,000 a \$ 6,000 cada una.  
 3 Barrenos circulares Keystone, \$ 1,500 cada uno.  
 Herramientas para estos barrenos, \$ 500 a \$ 600 por barreno.  
 Casa de reparaciones para locomotoras, \$ 7,500.  
 Casa de reparaciones para carros, \$ 5,000.  
 Se supone que existe una carpintería.

## COSTO DE LA OPERACION

El costo de la operacion se ha formado empleando como punto de partida cálculos conocidos. Comparando el costo del combustible, obra de mano, etc., se han determinado los diversos ítem. A continuacion van números que dan una idea jeneral del costo de la operacion.

## CONCLUSION

Debo espresar que es imposible dar informes exactos, pues no estoi familiarizado con las condiciones en que está la rejion salitrera de Chile i que pueden influir en las operaciones con palas a vapor, El objeto de este artículo es determinar si deben proseguirse las investigaciones en este sentido, a lo que no puede, ménos de contestar afirmativamente,

## PRESUPUESTO CALCULADO

COSTRA	Costo por yarda cúbica
Administracion.....	\$ 0,0080
Barrenos.....	0,0150
Trabajo con pólvora.....	0,0050
Esplosivos.....	0,0005
Trabajos de las palas.....	0,0170
Combustible.....	0,0303
Reparaciones i repuestos.....	0,0100
Trabajos en las canchas.....	0,0095
Provision de agua.....	0,0570
Mantencion, reparacion de edificios, etc.....	0,0020
Reserva para renovar el material.....	0,0300
Gastos jenerales.....	0,0400
Total.....	\$ 0,2253
Mas el 15%.....	0,0338
	9,2591

## SALITRE

Costo por ton.

Administracion.....	\$ 0,0038
Barrenos.....	0,0182
Trabajos con pólvora.....	0,0025
Esplosivos.....	0,0002
Trabajo de las palas.....	0,0108
Combustible.....	0,0223
Reparaciones i repuestos.....	0,0065
Trabajos en la cancha.....	0,0060
Trabajo de las locomotoras.....	0,0076
Combustible para las locomotoras.....	0,0165
Repuestos i reparaciones para locomotoras.....	0,0016
Jente para las canchas i los trenes.....	0,0015
Mantencion de los carriles.....	0,0087
Reparaciones de carros.....	0,0150
Provision de agua.....	0,0253
Mantencion, reparacion de edificios, etc.....	0,0010
Reserva para renovaciones.....	0,0150
Gastos jenerales.....	0,0500
Trabajo de las bombas en la cancha.....	0,0000
	<hr/>
Total.....	\$ 0,2125
Mas el 15%.....	0,0319
	<hr/>
Total jeneral.....	\$ 0.2444

NOTA.—Los precios están indicados en oro americano de 48 d.



## Certámen oficial de testos de enseñanza para las Escuelas de Minería del Estado

(Continuacion)

### CAPITULO VII

#### GRUPO DE LOS METALES ALCALINOS

a) Metales que forman el grupo; tabla de pesos atómicos, pesos específicos, volúmenes atómicos, temperatura de funcion i de ebullicion de todos estos metales.

b) Potasio. Símbolo, manera de presentarse en la naturaleza, propiedades físicas i químicas. Hidróxido de potasio o potasa, usos i propiedades principales. Cloruro de potasio, fórmula, preparacion, propiedades i uso principal. Clo-

rato de potasio, fórmula, preparación; propiedades principales i usos. Hipoclorito de potasio, fórmula, preparación i principales usos. Sulfato de potasio; nitrato de potasio, fosfato de potasio, carbonato de potasio, silicato de potasio, sulfuro de potasio. Reacciones químicas distintivas de las sales de potasio con ácido tartárico i cloruro de platino como ensaye cualitativo. Pruebas físicas.

c) Sodio. Manera de presentarse en la naturaleza, propiedades físicas i químicas. Principales características i propiedades de las siguientes sales de sodio: Peróxido de sodio, hidróxido de sodio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, hiposulfito de sodio, carbonato de sodio, nitrato sódico o salitre chileno, caliche, fosfato de sodio, borato de sodio i silicato de sodio.—Reacción de sales sódicas, sobre el piró-antimonio de potasio, como prueba o ensaye cualitativo i pruebas físicas de las sales sódicas.

d) Sicio. Principales propiedades i manera de presentarse en la naturaleza.

e) Compuestos amoniacales, amalgama amoniacal, cloruro de amonio, sulfato de amonio, nitrato de amonio, carbonato de amonio, fosfatos amoniacales, sulfuro de amonio, principales características i propiedades de estos compuestos. Reacción de las sales amoniacales sobre el cloruro de platino como ensaye cualitativo i sobre ácido tartárico.

## CAPITULO VIII

### METALES DEL SEGUNDO GRUPO

a) Metales que forman este grupo, subdivision del grupo; sub-grupo alcalinos terrosos i sub-grupo del magnesio; tabla de símbolos, pesos atómicos, pesos específicos, volúmenes atómicos, temperatura de fusion i ebullicion de todos los metales del segundo grupo.

b) Sub-grupo de los alcalinos terrosos, propiedades jenerales.

c) Calcio; ocurrencias en la naturaleza, forma de presentarse, principales propiedades físicas i químicas de este metal i de sus siguientes sales:

Oxido de calcio, hidróxido de calcio, cloruro de calcio, fluoruro de calcio, hipoclorito de calcio, sulfato de calcio, nitrato de calcio, fosfato de calcio, carbonatos de calcio i silicatos de calcio. Ensaye cualitativo de las sales de calcio i pruebas físicas.

d) Stroncio; principales propiedades de este metal.

e) Bario; principales propiedades, manera i forma de presentarse en la naturaleza de este metal i de sus siguientes sales: Hidróxido de bario i sulfato de bario.

f) Análisis cualitativo químico i físico de los metales alcalinos terrosos.

g) Metales del sub-grupo de magnesio, propiedades jenerales.

h) Magnesio, manera i forma de presentarse en la naturaleza; principales propiedades físicas i químicas; uso i preparación de este metal i de sus siguientes sales: Oxido de magnesio; cloruro de magnesio, sulfato de magnesio, fosfato de magnesio i carbonato de magnesio. Reacción de estas sales con amoníaco i cloruro de amoníaco con ensaye cualitativo.

i) Zinc. Manera i forma de presentarse en la naturaleza; principales pro-

propiedades físicas i químicas, usos i preparacion de este metal i de sus siguientes sales: Carbonato de zinc, sulfuro de zinc i silicato de zinc. Ensaye cualitativo de las sales de zinc.

j) Mercurio. Manera i forma de presentarse en la naturaleza; principales propiedades físicas i químicas, usos i preparacion de este metal i de sus siguientes sales: Cloruro mercurioso o calomelano; cloruro mercúrico i sulfuro de mercurio.

## CAPITULO IX

### GRUPO METÁLICO.—ORO, PLATA I COBRE

a) Consideraciones i propiedades jenerales de este sub-grupo; tabla de pesos atómicos, específicos, símbolos, temperatura de fusion de estos metales.

b) Cobre. Peso específico i atómicos; propiedades químicas i físicas, preparacion industrial i científica, fórmula de porcentajes de cobre, manera i forma de presentarse de este metal i de las siguientes sales i minerales: Oxido cuproso, óxido cúprimo, cloruro cuproso, oxi-cloruro de cobre, sulfuro de cobre, hidróxido de cobre, cloruro cúprico, sulfato de cobre, nitrato cúprico, carbonato de cobre i sulfuro cúprico. Aleaciones de cobre. Ensaye cualitativo de las sales de cobre.

c) Plata. Pesos específicos i atómicos, propiedades químicas i físicas, preparacion industrial i científica, fórmula i porcentajes de plata, manera i forma de presentarse de este metal i de las siguientes sales: óxido de plata, cloruro de plata, bromuro de plata, ioduro de plata, nitrato de plata, nitrito de plata i sulfuro de plata. Ensaye cualitativo de los minerales i sales de plata.

d) Oro. Pesos específicos i atómicos, propiedades químicas i físicas; preparacion industrial i científica, fórmula i porcentajes, manera i forma de presentarse de este metal i de las siguientes sales: cloruro de oro, ioduro de oro, óxido de oro, cloruro áurico i sulfuro áurico; ensaye cualitativo de las sales de oro.

## CAPITULO X

### METALES DEL GRUPO III

a) Metales que forman este grupo; tablas de símbolos, pesos específicos i atómicos, temperaturas de fusion de los metales que componen este grupo.

b) Aluminio. Propiedades características principales de este metal i de sus siguientes sales: cloruro de aluminio, óxido de aluminio, hidróxido de aluminio, sulfato de aluminio i silicato de aluminio.

c) Metales raros; lijera descripcion de ellos.

## CAPITULO XI

### METALES DEL GRUPO IV

a) Metales que forman este grupo; tablas de símbolos, pesos específicos i atómicos i temperaturas de fusion de los metales que forman este grupo.

b) Estaño. Principales características i propiedades del estaño i de las si-

guientes sales: cloruro estañoso, óxido estañoso, hidróxido estañoso, sulfuro estañoso, cloruro estánico, óxido estánico i sulfuro estánico. Ensaye cualitativo de estas sales.

c) Plomo. Propiedades químicas i físicas; preparacion industrial i científica, fórmulas i porcentajes, manera i forma de presentarse de este metal i de las siguientes sales: óxido de plomo, hidróxido de plomo, tetra-cloruro de plomo, cloruro i ioduro de plomo, nitrato i sulfato de plomo, carbonato de plomo i sulfuro de plomo. Aleaciones de plomo. Ensaye cualitativo de las sales i minerales de plomo.

d) Bismuto. Características principales de este metal.

e) Cromo. Características principales de este metal; cromato de potasio i bi-cromato de potasio.

f) Ligeras nociones sobre los siguientes metales: molibdeno, tungsteno.

g) Manganeso. Propiedades químicas i físicas, preparacion industrial i científica, fórmulas i porcentajes, manera i forma de presentarse de este metal i de sus siguientes sales i minerales: óxido manganoso, hidróxido manganoso, cloruro manganoso, sulfato i carbonato manganoso, óxido mangánico, hidróxido mangánico, sulfato mangánico, permanganato de potasa. Ensaye cualitativo o reconocimiento de las sales i minerales de estos metales.

## CAPITULO XII

a) Fierro. Importancia de este metal; diversas clases de fierro industrial, minerales de fierro con sus principales propiedades, físicas i químicas; manera de presentarse de los minerales de fierro. Principales sales de fierro con sus propiedades físicas i químicas, ferrocianuros de potasio. Análisis cualitativo de las sales de fierro.

b) Níkel i cobalto. Manera de presentarse de estos metales en la naturaleza, propiedades físicas i químicas; minerales i sales importantes de estos metales. Análisis cualitativo de las sales i minerales de níkel i cobalto.

## CAPITULO XIII

### METALES DEL GRUPO DE PLATINO

a) Platino, su importancia, usos, manera de presentarse en la naturaleza, minerales de platino, propiedades físicas i químicas, principales sales de platino.

## CAPITULO FINAL

Reseña sobre los procedimientos químicos usados en el beneficio de los minerales de oro, plata, cobre, tales como cianuracion, cloruracion, lejiacion con hiposulfito, ácido sulfúrico, percloruro de fierro, etc., con especial referencia a la parte química.

## PROGRAMA DE ENSAYES

## INTRODUCCION

a) Objeto absoluto de los ensayes, manera de espesar las leyes, ensayes de reconocimiento, ensayes de control de operaciones mineras, ensayes de control de operaciones metalúrgicas, ensayes de compra-venta de minerales, ensayes terceros i de comprobacion.

b) Muestreo de los minerales, muestreo mecánico, máquinas de muestreo muestreo manual, reduccion de las muestras en laboratorio, aparatos i herramientas usadas en el muestreo manual, muestreo de productos metalúrgicos, tales como ejes i escorias, ya sea en su forma sólida o ya en su forma líquida; precauciones que se deben observar al efectuar el muestreo de minerales que contienen metal nativo.

c) Molienda de las muestras, molienda en máquinas chancadoras i molidoras de laboratorio, molienda en planchas de fierro con pisones de mano, con rodillos de mano, etc., harneadura de las muestras, reduccion o cuarteacion de las muestras a diferentes tamices, práctica jeneral de estas cuarteaciones o reducciones.

d) Operaciones anteriores al ensaye, espulsion de la humedad de las muestras secadores de aire caliente i temperatura a que deben funcionar, precauciones necesarias para conseguir la espulsion de la humedad, otros aparatos o diseños de calentamiento usados en la espulsion de la humedad.

e) Aparatos de vidrio usados en los ensayes, probetas graduadas, frascos graduados, matraces, tubos de ensaye, vasos de ensaye, tapas de vasos, varillas de vidrio, sifones, buretas graduadas, crisoles de porcelana, cápsulas de porcelana, pipetas, etc., filtros, embudos de filtro, etc., quemadores de gas, sopletes de gas, hornillas de carbon i de gas, lámparas de alcohol, etc.

f) Hornos de ensayes, hornos de fundicion, hornos de copelacion, varios sistemas de hornos, hornos de muflas, hornos de coke i de carbon, de gasolina i de gas, hornos eléctricos, herramientas usadas en los hornos, manera de manejarlas; reparacion de los hornos, crisoles, escorificadoras, copelas de varias clases, cápsulas de porcelana i de arcilla, crisoles de platino, etc.

g) Maneras de pesar, peso que se toma para los diversos ensayes, balanzas comunes para muestras grandes, balanzas analíticas de precision, balanzas de precision para pesar oro i plata, precauciones que deben tomarse con las balanzas, manera de manejar las balanzas de precision, exactitud requerida en el acto de pesar.

h) Manera de encender las diferentes clases de hornos, alimentacion del combustible i regularizacion de la temperatura durante su funcionamiento.

## CAPITULO PRIMERO

## COBRE

a) Clasificacion de los minerales de cobre en sulfurados i oxidados, solubilidad de cada clase en diferentes reactivos indicando el mejor disolvente, mejor disolvente i métodos de disolucion para ejes, escorias i cobre en barras.

b) Ensaye por cobre de los minerales; ataque i disolucion, filtracion, precipitacion del fierro i alúmina, filtracion, precipitacion del cobre sobre placas de aluminio, redisolucion de cobre i coloracion con amoníaco, descoloracion con cianuro de potasio; teoría del procedimiento de descoloracion con cianuro i titulacion de la disolucion de cianuro usada; determinacion del contenido de cobre i exactitud del procedimiento.

c) Sistemas cortos de ensaye por el método de la descoloracion con cianuro; suspension de la primera filtracion; suspension de la precipitacion del fierro, suspension de la precipitacion i redisolucion del cobre; efectos de estas suspensiones sobre la exactitud del ensaye.

d) Sistema del hipo-sulfito de soda con almidon de indicador; descripcion del ensayo con ataque con los tres ácidos, evaporacion a ácido sulfúrico, precipitacion prévia del cobre sobre aluminio.

e) Métodos rápidos i especiales de ensaye para escorias i relaves, usados en los establecimientos de fundicion o sea por comparacion clorométrica, aparato usado en esta clase de ensayes.

## CAPITULO II

### PLOMO, FIERRO I ESTAÑO

a) Minerales de plomo mas comunmente ensayados; jeneralidades sobre las facilidades de su disolucion, disolventes mas eficaces i métodos de disolucion empleados.

b) Descripcion de la teoría del ensaye volumétrico de plomo por medio del molibdato de amoníaco; titulacion del molibdato de amoníaco e indicador usado.

c) Manera de proceder para efectuar el ensaye describiendo todas las operaciones i cálculo del contenido de plomo.

d) Minerales de fierro i su solubilidad disolvente mas apropiada para los minerales de fierro.

e) Teoría del procedimiento de ensaye por reduccion i oxidacion volumétrica del fierro por medio del bicromato de potasa; reduccion con cloruro estañoso, adicion con cloruro de mercurio, indicador usado, titulacion de bicromato de potasa i sistema del permanganato para ensayar fierro.

f) Descripcion del ensaye de fierro por este sistema, detallando todas i cada una de las operaciones i cálculo del contenido de fierro.

g) Descripcion detallada del método volumétrico para ensayar el estaño por medio del iodo, usando almidon como indicador; titulacion del iodo i determinacion del contenido de estaño.

## CAPITULO III

### AZUFRE I ZINC

a) Azufre. Disolucion del mineral con agua i ácido nítrico agregando clorato de potasa; adicion de ácido clorhídrico i cloruro de bario, determinacion del azufre como sulfato de bario por pesada del precipitado obtenido.

b) Ensaye de los minerales de zinc por medio del ferro cianuro de potasio, describiendo detalladamente el procedimiento.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS METALÚRGICO

a) Análisis metalúrgico de las escorias, minerales i fundentes, detallando su disolucion mas apropiada, determinacion del insoluble, fusion con carbonato de soda del residuo; determinacion de la sílice; precipitacion del fierro i alúmina; dosaje volumétrico del fierro i determinacion de la alúmina por diferencia; determinacion de la cal, dosificada como oxalato de cal por medio del permanganato de potasio; titulacion del permanganato de potasa para los ensayos de cal por medio del fierro i conversion a su equivalente de cal; determinacion gravimétrica de la magnesia.

## CAPITULO V

### ORO I PLATA

a) La lijera esposicion del sistema en jeneral en práctica para efectuar los ensayos de oro i plata; fundicion, escorificacion, copelacion, encuartacion o particion.

b) Fundentes usados; fundentes básicos; fundentes ácidos, fundentes neutros, agentes oxidantes i agentes reductentes; litarjirio.

c) Papel que desarrollan los fundentes durante la fundicion, escorias de fundicion estudiadas prácticamente; cálculo de los fundentes, adiccion de fundentes siguiendo un criterio racional segun sea la naturaleza del ensaye.

d) Clasificacion de los minerales en ácidos i básicos; gangas o criaderos minerales que caracterizan a estos dos grupos de minerales; preparacion de las cargas de fusion para estos dos grupos sobre la base de 10, 20, 30, 40, 50 i 60 gramos.

e) Clasificacion de los minerales en sulfurados i oxidados; preparacion de las cargas de agentes oxidantes i reductentes para estos minerales sobre la base de produccion de un boton de plomo de 10 a 20 gramos de peso.

f) Ensayes de los reactivos usados; ensayos por plata i oro del plomo granulado i del litarjirio; manera de proceder para cada uno de ellos; determinacion del poder reductente de la harina, del argol, del almidon i del carbon.

g) Procedimiento del nitrato para ensayar; ensaye preliminar del mineral, carga de fusion usada, adiccion en plata, i en ensaye por este sistema.

h) Procedimiento del exceso de litarjirio, adiccion de plata, carga de fusion usada.

i) Otros procedimientos usados tales como con calcina prévia i con clavos de fierro en el crisol; inconvenientes de estos metales.

j) Ensayes por escorificacion, ensayos de minerales ricos, de ejes, de plomo platoso por medio de este procedimiento; carga de escorificacion i marcha jeneral del procedimiento.

k) Copelacion, temperatura de la copelacion, marcha jeneral de ella, cuidados que deban observarse i manera de salvar los inconvenientes que se presentan durante la operacion.

l) Peso del boton de plata i oro resultantes, descuento de la plata agregada; disolucion de la plata en ácido nítrico, cuidado que exige la operacion, lavado de oro resultante, calentamiento del oro i peso de él.

m) Determinacion de la lei de plata i oro en gramos por tonelada, en moneda corriente nacional, en onzas por tonelada, en marcos por cajon en diez i en cien milésimas, conversion de una de estas maneras de espresarla a otras.

## CAPITULO VI

### ENSAYES ESPECIALES

a) Ensaye por oro i plata del cobre refinado, sistema mixto, disolucion en ácido nítrico, filtracion del oro, precipitacion de la plata con bromuro; escoriificacion de ámbos precipitados i copelacion del plomo resultante.

b) Ensaye por oro i plata de los ejes i minerales ricos en cobre por un sistema mixto.

c) Ensaye por oro i plata de la viruta de zinc i precipitados de oro resultantes del procedimiento de cianuracion.

d) Determinacion del carbon fijo de un combustible cualesquiera.

e) Determinacion del poder calorífico de un combustible por medio del litarjirio.

f) Ensayes de los nitratos de cada ensaye de los boratos.

## PROGRAMA DE METALURJIA

### INTRODUCCION

a) Objeto de la reduccion, purificacion i enriquecimiento de los minerales.  
 b) Sistemas jenerales de beneficio.  
 c) Diferencias que existen entre el enriquecimiento gradual o concentracion mecánica i la reduccion final o metalúrgica de los metales.

d) Uso de los metales preciosos.

e) Uso del cobre i plomo.

f) Uso del fierro.

g) Fabricacion de los bronce i principales aleaciones metálicas, tales como metal de friccion, metal blanco, etc. Entiéndase que aquí solo se piden datos mui jenerales sobre las propiedades jenerales i constitucion de estas aleaciones i no hai para qué entrar en detalles sobre propiedades físicas tales como solubilidad de las aleaciones.

h) Los minerales considerados bajo el punto de vista de su beneficio:

1) Minerales directamente beneficiables por procedimiento metalúrgico; i

2) Minerales que exigen una concentracion prévia.

i) Condiciones económicas que rijen en el beneficio de los minerales.

## CAPITULO I

## PREPARACION MECÁNICA DE LOS MINERALES

*Molienda i clasificacion*

a) Condiciones físicas de los minerales referentes a su dureza, estructura i otras condiciones, etc., que tienden hacer mas fácil o mas dificultoso el enriquecimiento mecánico de los minerales.

b) Sistemas jenerales de concentracion en uso.

c) Chancadura del mineral, su objeto; práctica que se sigue a este respecto, chanca a mano, chanca a máquina; eleccion a mano o pallaqueo preliminar; condiciones económicas que hacen este sistema practicable.

d) *Máquinas de chancar*.—Máquinas de mandíbulas «Blake», descripción de ella, alimentacion, descarga, manejo de la máquina, capacidades con relacion a la fuerza i al grado de molienda, casos en que es recomendable, instalacion de la máquina. (Cuadro).

Máquinas rotatorias «Gates», descripción de ella, alimentacion, descarga, manejo de la máquina, capacidad con relacion a la fuerza i al grado de molienda, casos en que es recomendable, instalacion de máquina.

e) Harneros de planos inclinados para la separacion del material molido que acompaña al mineral; tipo mas usado, su instalacion i su utilidad práctica.

f) Aparatos de molienda i trituracion.

*Pisonés*.—Descripción jeneral i completa del aparato simple; de las baterías; de la colocacion de los harneros, de la altura de la caída; velocidad de la marcha, etc. Instalacion de los pisonés; tolvas de acopio, alimentadores «Challenge»; fundaciones bajo las cajas i los dados. Marcha del pison, manejo de él, alimentacion de agua; productos del pison ensayos de fineza sobre tamices diferentes del resultado i marcha de la molienda. Del desgaste de los pisonés, de las piezas que hai que renovar, etc. Capacidad de los pisonés con respecto a la fuerza que demanda.

*Cilindros chancadores*.—Descripción jeneral i completa de la máquina, varios sistemas de cilindros, cilindros modernos, alimentacion de los cilindros, grado de molienda, uso recomendable de ellos, manejo de los cilindros en molindas secas i con agua, capacidad de la máquina en relacion con la fuerza i el grado de molienda.

i) Máquinas de pulverizacion.

*Molinos de bolas*.—Descripción jeneral i completa del aparato, alimentacion de él, grado de molienda, usos recomendables de él, manejo del molino de bolas, capacidad de la máquina en relacion con la fuerza i grado de molienda.

*Trapiche o molino chileno*.—Descripción de los varios modelos de esta máquina, su alimentacion, grado de molienda, etc. Manejo i cuidado que hai que observar con el molino chileno; sus usos recomendables, capacidad relacionada al grado de molienda; fuerza gastada.

*Molino Huntington.*—Descripción jeneral de esta máquina, su alimentación i grado de molienda, etc., manejo i cuidado que hai que observar con el molino Huntington; sus usos recomendables i capacidad subordinada al grado de molienda i fuerza gastada.

*Molinos de tubos.*—Descripción jeneral de estos aparatos, alimentación, grados de molienda, etc. revestimiento de los molinos de tubos, practicabilidad de ellos; ventajas de este sistema, manejo del molino de tubos, sus usos recomendables i capacidad subordinada al grado de molienda i fuerza gastada.

j) De la clasificación de los minerales, leyes jenerales de la clasificación; clasificación por tamaño en harneros, tromeles; harneros [movibles, etc.; clasificación del material fino por gravedad en aparatos clasificadores, jeneralidades sobre ellos; cajas en punta, clasificadores cónicos, el clasificador de Anacón, etc.; clasificación o especificación de las lamas o borras, clasificador «Dohr» de la Colorado Iron Work.

k) Decantación.—Decantación i clasificación de las pulpas minerales, estanques cónicos o conos clasificadores, estanques acopiadores de material clasificado listo para la concentración.

## CAPITULO II

### PREPARACION MECÁNICA DE MINERALES

#### *Concentración*

a) Leyes jenerales de concentración; diversos sistemas de concentración, gradual, concentración del mineral a un solo grado de molienda, o sea concentración en fino; pérdidas de la concentración, ensayos de los relaves, peso de los concentradores i relaves.

b) Concentración en grueso: leyes jenerales de las cribas, cribas primitivas a mano o «ñecles»; cribas modernas, cribas continuas americanas «Evans Kleptko», cribas Hartz, pulsador de Richards, marcha i manejo de las cribas, descarga de ellas, control de agua, de la pulsación, etc.

c) Concentración en fino.—Concentración en mesas Wilfley, alimentación de agua, concentrados, relaves, etc., mesas Frue Vanners, mesas vibrantes, diversos tipos de mesas concentradoras, manejo de ellas, control del agua, etc., mesas cónicas dobles para lamas, sus resultados, su práctica, etc. Buddles fijos, su práctica, etc. Concentración magnética. Aparatos mas usados, práctica i teoría de la operación.

d) Concentración por medio del procedimiento de Elmóre.

e) Sistema de concentración adaptables para las siguientes clases de minerales, detallando la máquina por donde pasa, etc., tal como se indica para un caso:

I. Mineral silíceo de cobre, chalcopirita en peca grueso, ensaya 2.5% de cobre i es abundante,

II. Mineral silíceo de cobre i oro, pirita i chalcopirita que forman 12% del mineral, están en peca mas o ménos gruesa, ensayan 2% de cobre i 10 gramos de oro por tonelada i es abundante.

III. Mineral en peca fino de chalcosita en ganga granítica. ensaya 1.5% de cobre i es abundante.

IV. Mineral cuarzoso de oro con 15% de pirita de fierro, el oro está contenido en su mayor parte en la pirita i ensaya 8 gramos por tonelada.

### CAPITULO III

#### DE LA METALURJIA EN JENERAL.—INTRODUCCION A LA METALURJIA

a) Metales i sus propiedades físicas mas aparentes, manera de mensurar las altas temperaturas, operaciones metalúrgicas típicas tales como oxidacion, reduccion, etc. Materiales refractarios para construccion de hornos. Combustibles. Leyes jenerales de combustion. Gasificacion de ciertos combustibles, su uso en polvo, la lignita chilena. (Todo esto mui superficialmente).

#### LA METALURJIA DEL COBRE

a) Clasificacion metalúrgica de los minerales de cobre, minerales oxidados i sulfurados, minerales piritosos, influencia de la ganga en el beneficio de los minerales de cobre.

b) *Fundicion de ejes en hornos de viento.*—Hornos de viento circulares, su capacidad, su construccion, instalacion de un horno circular, crisol interno, construccion del crisol, dimensiones usuales, usos recomendables de cualquiera de los dos tipos de crisoles, manejo de un horno circular, control del agua refrigeradora. Aire, aparatos proveedores de aire, su instalacion, su manejo, su control, relacion entre la presion del aire i el volúmen, limpia de las chaquetas circulares del horno, revestimiento de cierta parte del horno.

La operacion de la fundicion estudiada químicamente, cambio que sufren los minerales en el horno, reacciones químicas a que da lugar la temperatura i presion en el horno reinante, combinaciones que se forman, ejes, escoria, combustibles.

El estudio de los constituyentes de la carga del horno, el análisis metalúrgico, los fundentes i su uso, la neutralizacion de las bases, la neutralizacion de la sílice. Tabla de Balligs sobre la formacion de las escorias. Escorias apropiadas para fundir; la oxidacion provocada en horno, oríjen i practicabilidad de la oxidacion, ejes pobres, ejes ricos, etc. Minerales que jeneralmente se funden por este sistema. Análisis de algunos casos típicos chilenos.

Hornos de vientos rectangulares anti-crisoles, manejo de hornos, camisas de agua, conexiones, evaporas, etc.

Manera de encender un horno cualquiera, manera de apagar un horno cualquiera, inconvenientes en la marcha de un horno, toberas negras, carga cruda en los costados, fuego arriba, enfriamiento de un horno, enfriamiento del crisol, del anti-crisol, sobre calentamiento del agua, mucho viento, poco viento, marcha lenta del horno, marcha rápida, callos, acreciones, chanchos.

Fundicion pirítica, reacciones típicas del proceso, marcha práctica del horno, flujos usados, la escoria que se forma, uso del combustible carbonífero i sus efectos.

Polvo arrastrado por el viento con el humo, cámaras de condensacion i su construccion, recojimiento de los polvos, análisis de estos polvos i su aprovechamiento.

Eje, cómo se sangra i cómo se dispone de él en diversos casos; escoria, cómo se dispone de ella; granulacion de escorias, acarreo de ellas en otras formas, muestreo continuo del eje i escoria.

Fundicion de minerales difíciles con ganga luminosa i de alta lei en sílice; flujos usados, condiciones de marcha del horno, alta lei de los ejes, inconvenientes de los ejes altos, escorias ácidas i calcáreas, su fusibilidad, su gran pastosidad, cantidad de coque necesaria para la fundicion.

Manera de cargar los hornos de fundicion, carga a pola, en angarillas, carga con carros a mano, carga mecánica; distribucion del mineral i combustible dentro del pique i el horno, cargas grandes i chicas, sus ventajas e inconvenientes.

Operarios empleados en los hornos de viento, porteros escorieros, cargadores, etc., sus deberes, sueldos que se les asigna en la rejion central de Chile i en el norte por 12 horas de trabajo.

Contabilidad del horno, cargas diarias bien arregladas, lo que se obtiene de carga en eje, escoria, polvos, humos, etc., sistema de llevar el libro al día a cada momento, resultados prácticos i qué proporcion guardan con los supuestos.

## CAPITULO IV

### FUNDICION DE CIERTOS MINERALES SULFURADOS

a) Condiciones físicas de algunos minerales sulfurados o piritosos que impiden su fundicion directa a ejes en hornos de manga i briquetacion.

b) Fundicion de estos minerales en horno de manga i reverberos, sus principios jenerales, sistemas de fundicion, mezclándolos con metales oxidados de cobre i el objeto de la mezcla, sistema de fundicion prévia una calcina.

c) Calcina de los minerales, objeto de ella, condiciones ideales para efectuar la calcina, la calcina moderna sin combustible, la calcina aglomerante i su gran porvenir en el beneficio de los minerales de cobre; el horno Mac Dougall de calcina, el aparato para calcinas aglomerantes, su manejo, manera de encenderlo, dificultades que ofrece en la marcha, etc. Calcinas al aire libre i en plazas, su objeto, manera de efectuarlas, sus desventajas, etc.

d) Construcciones de hornos de reverbero, preparacion del material, mezclas plásticas i refractarias usadas en el pais; largo de los hornos, ancho, chimeneas, relaciones del hogar con el resto del horno, laboratorio del horno-puente, altura de él, amarras de fierro del horno. Hornos modernos de reverbero de actuacion continúa, detalles sobre su construccion, su manejo, reparaciones, etc.

e) La operacion de fundir en los hornos de reverbero, breve reseña sobre la teoría del procedimiento, carga de los hornos, manera de cargar los hornos, bogadura de la escoria, manera de disponer de la escoria, sangría del eje, cuidados que hai que tener con el horno, etc.

## CAPITULO V

### BESSEMERIZACION I REFINA DE LOS EJES DE COBRE

a) Ejes de cobre, conversion a barras, teoría jeneral sucinta de la oxidacion del convertidor, escorificacion del óxido de fierro. Convertidores para cobre; tipo vertical, tipo horizontal, descripcion completa de ellos, sus maneras de actuarlo, diversos sistemas de carga, la introduccion del viento, coloraciones de la llama, final de la primera operacion, bogadura de la escoria, segunda operacion, final de ella, descargue del convertidor, derrames de los convertidores, enfriamiento i sus posibles remedios, desgaste rápido del revestimiento, rotura de los convertidores, ataconamiento de las toberas, sus causas i sus remedios. Revestimiento de los convertidores, material usado, preparacion del material, maquinaria usada en la preparacion del revestimiento, colocacion del revestimiento, la operacion de secar los convertidores. Instalaciones de convertidores, diversos sistemas de instalacion; ejemplos típicos chilenos i norte-americanos.

b) Refina del cobre del convertidor; hornos de refina, construccion de ellos, carga del cobre, diversas maneras de hacerlo, oxidacion de las impurezas, abertura de puertas, introduccion de aire o de vapor. reduccion del cobre, introduccion de pedazos de leña verde, cobre puro, cobre refinado, cobre que contiene oro i plata, usos que se hacen de estas diferentes clases.

## CAPITULO VI

### BENEFICIO DE LOS MINERALES DE COBRE POR LA VÍA HÚMEDA

a) Minerales apropiados para el beneficio por la vía húmeda, solubilidad en aguas aciduladas i en reactivos diferentes, lijera reseña de los procedimientos de vía húmeda mas conocidos; el procedimiento del ácido sulfúrico i el proceso del ácido sulfuroso.

b) Preparacion prévia del mineral; molienda, grado de molienda, esperi-  
mentos que lo definan, clasificacion, lejiacion en estanques, en torres, al aire  
libre, en barriles jiratorios, etc., filtracion o decantacion, precipitacion, uso del  
fierro, de la cal, de la corriente eléctrica. Práctica que al respecto se sigue en  
el establecimiento de El Teniente.

## CAPITULO VII

### METALURJIA DEL ORO

a) Clasificacion de los minerales de oro bajo un punto de vista metalúrgico;  
minerales oxidados, minerales sulfurados, cantidad i calidad del oro contenido  
en los minerales, oro grueso, oro concentrable, oro amalgamable, oro refracta-  
rio; sistemas jenerales de beneficio para minerales de oro; amalgamacion, cia-  
nuracion i cloruracion.

b) Amalgamacion.—Operaciones preliminares a la amalgamacion, chanca  
del mineral, molienda de él, grado de molienda; experimentos que determinan  
el grado de molienda mas económico de amalgamacion.

Molienda en pisones, pisones modernos, mallas jeneralmente usadas, plan-  
chas de cobre amalgamadas exteriores, planchas electro-plateadas, arreglo de  
las planchas, limpia de las planchas, suspension del trabajo de los pisones, re-  
cojimiento de la amalgama, cuidado que hai que tener con ella, atrapadores  
de amalgama, su colocacion i su inspeccion. Influencia de la superficie de las  
planchas sobre el oro recojido. Otros aparatos de amalgamacion pasados mui  
a la lijera

Pruebas de amalgamacion i sobre el grado de molienda, ensayos indus-  
triales, control sobre las muestras, descripcion de varios sistemas de operar en  
estos ensayos o pruebas de amalgamacion.

Concentracion de ciertos minerales, mesas Wilfley, clasificacion prévia,  
influencia de la fineza de la molienda en los resultados.

Destilacion de la amalgama, descripcion del horno usado, de la retorta i de  
la manera de operar.

c) Cianuracion en jeneral i en teoría «pasada mui rápidamente». Cianura-  
cion directa, cianuracion prévia amalgamacion en disoluciones de cianuro se-  
guida de cianuracion.

Cianuracion experimental en escala de laboratorio, fuerza de las disolu-  
ciones de cianuro usadas, experimentacion con ellas a diversos grados de mo-  
lienda.

Titulacion del cianuro contenido en las disoluciones con nitrato de plata i  
ioduro de potasio, estimacion de la cantidad de ácido libre contenida en el mi-  
neral con una disolucion alcalina i fenoltaleina o anaranjado de metilo; neutra-  
lizacion de la acidez con cal o soda, estimacion de oro en disolucion, ensaye  
con acetato de plomo i viruta de zinc. Séries de experimentos, deducciones so-  
bre los resultados, cianuro consumido determinado por titulaciones, etc.

Cianuración directa, molienda previa, chancadores Gates, cilindros, molinos chilenos o Huntington, molienda en disoluciones de cianuro, manejo de esta maquinaria. Clasificación de la pulpa o relave de amalgamación, los conos clasificadores, sus usos, sus ventajas, manera de usarlos, clasificación en el clasificador Dhor, su gran sencillez, su manejo, sus resultados. Las arenas i las lamas o slimes, aparatos o estanques para depositar arenas i los otros para slimes. Conducción de las arenas, introducción de la cal, cantidad de cal usada, estanques para beneficiar arenas, construcción de estos estanques, cañería, válvulas, agitación con aire comprimido por medios mecánicos, etc., fondos falsos perforados, diversas formas, materias filtrantes, filtros mas usados, etc.

Manera de efectuar los lavados de cianuro, los lavados de agua, etc., duración de los lavados de cianuro, lavado final de las arenas, ensaye de las disoluciones de cianuro, recojimiento i transporte de éste. Botamiento de las arenas, diversos sistemas de descargue, estanques acaparadores de disoluciones de cianuro con oro.

Beneficio de arenas i lamas en estanques altos, los estanques Pachuca, de Méjico, su construcción, manera de operar, sus ventajas e inconvenientes.

Beneficio de slimes o lamas; el filtro Moore i el Butters, estanques de cemento, manera cómo se construyen los filtros, manera de actuarlos, dentro de los estanques, lavado neumático de los slimes con cianuro i con agua, recojimiento de las disoluciones auríferas de cianuro en los estanques acaparadores.

Precipitación con viruta de zinc, arreglo de las cajas de precipitación, constante cuidado que demandan, paso de las disoluciones, control de la precipitación, manera de reconocer el zinc ya cubierto de oro, manera de recojerlo limpia de las cajas. Lavado del precipitado, lejiviación con ácidos, diversos sistemas, estanques adecuados para el lavado, manera de secar el precipitado, fundición del precipitado, flujos usados, escoria obtenida, barra de oro, lei de fino, muestraje de la barra, etc.

Precipitación con polvo de zinc, agregamiento con acetato de plomo, prensas filtrantes, lavado o limpia de las prensas.

Descripción de un establecimiento típico de beneficio de oro por amalgamación i cianuración.

d) Cloruración de los minerales de oro, el procedimiento de cloruración pasado mui a la lijera sin entrar en grandes detalles, manera de jenerar el cloro, barriles cloruradores, agua i cloruro, filtración, precipitante o manera de jenerarlo, filtración, calcina del precipitado, fundición de él i barra de oro resultante.

## CAPITULO VIII

## METALURJIA DE LA PLATA

a) Clasificación de los minerales de plata bajo un punto de vista metalúrgico, minerales amalgamables, concentrables, refractarios; mayor o menor abundancia de tal o cual mineral.

b) Amalgamación de los minerales de plata, sistemas usados, amalgamación en aparatos, proceso Patio, amalgamación en arrastras, procedimiento Kronke, estudio de cada uno de estos sistemas de beneficio, dándole la importancia que realmente cada uno ha tenido en el beneficio de los minerales de plata; «Amalgamación moderna i demas detalles que se piden en la metalurjia del oro», los panes amalgamadores.

c) Lejiviación por medio del hipo-sulfito de soda. Preparación de las disoluciones, detalles completos sobre las instalaciones, estanques usados, manera de efectuar la disolución, filtros, precipitados i tratamiento posterior del precipitado, manejo de los estanques, cuidado de las cañerías i detalles sobre el trabajo.

d) Lejiviación con cianuro de potasio. Adaptación del cianuro al beneficio de la plata, poder disolvente del cianuro, efecto de otros ingredientes en la solubilidad del cianuro, agentes oxidantes, etc. Detalles sobre la aplicación del cianuro, poder de las disoluciones, tiempo del tratamiento, estanques usados, agitación i aeración, extracción de la plata i precipitación de ella.

e) Fundición de minerales de plata. Fundición con minerales de plomo. Condiciones del mineral, calcina prévia, hornos de calcina, sistema Huntington Heberlein, horno Brukner, varios otros hornos, etc.

Hornos de viento para plomo, características principales del horno, diferencias con el horno de cobre, aparatos para suministrar viento i demas accesorios del horno. Fabricación del crisol del horno, sifon de salida, etc.

Arreglo de las cargas de fundición, escorias permisibles, fundentes usados, cal, hematita, fierro viejo, etc.; marcha de la fundición, manejo del horno, inconvenientes con que se tropiezan en la marcha, manera de subsanarlos, sangrías de plomo, eje que se forma i su separación de la escoria, ante-crisoles, moldes apropiados para escoria, etc.. desarjentación del plomo platoso, descripción del zincaje, descripción del procedimiento de Pattesod.

Fundición de minerales de plata con minerales de cobre, breve reseña de ésto ya que pertenece al dominio de la metalurjia del cobre.

Jeneralidades sobre la metalurjia del fierro i acero, altos hornos, productos obtenidos.

## CAPITULO IX

## METALURJIA COMERCIAL

a) Manera de efectuar las compras de minerales de oro, plata i cobre, estudio de las tarifas vijentes, reduccion de las unidades de comparacion usadas en ensayos, pesos i medidas de unas a otras i a sistema métrico, espresar el valor real de un mineral por tonelada o quintal métrico, ensayos metalúrgicos.

b) Operaciones empleadas en las faenas metalúrgicas, salarios correspondientes, condiciones del trabajador, cuidados que se deben observar para impedir robos, distribucion de las cuadrillas, mayordomos, horneros, maestros de fragua, encargado de disoluciones, maquinistas, encargado de las máquinas de moliendas, faenas nocturnas, etc.

c) Costo de las herramientas i maquinarias, desgaste de las mismas, vijilancia, compostura de herramientas, compostura i respuesto de máquinas, manera de llevar a dia estos costos, control diario sobre la herramienta.

d) Contabilidad metalúrgica, libro de inventarios, libro de compra i venta de minerales, libro de trabajadores, amortizaciones por desgaste de maquinaria, libro «diario» del establecimiento.

## PROGRAMA DE MENSURA DE MINAS

I. *Jeneralidades*.—Definicion de la mensura de minas i su objeto. Horizonte, zenit, nadir, vertical. Eje del mundo, latitud i longitud. Planos meridianos. Meridiano; su determinacion por la sombra del sol; su determinacion por medio de instrumentos graduados; a) observando el sol por alturas correspondientes i su correccion; b) observando una estrella por las alturas correspondientes i por observacion de una estrella circumpolar. Declinacion magnética; sus variaciones diurnas i anuales (marcar especialmente la inseguridad del empleo de un rumbo dado despues de trascurrido algun tiempo largo).

Proyecciones i abatimientos de los planos de proyeccion en jeneral. Representacion de los puntos, líneas i planos en proyeccion. Determinacion de la verdadera distancia entre un punto a una recta, a un plano, distancia mínima entre dos rectas, interseccion de dos planos, de una recta, con un plano, etc. Determinacion de puntos que hayan de cumplir sus condiciones dadas. Rumbo e inclinacion de las rectas que unen los puntos ántes citados. Variacion de estos problemas i ejercicios sobre los mismos.

II. *Planos de minas en jeneral*.—Modo de representar las minas. Eje del levantamiento. Proyeccion vertical. Signos convencionales. Diversos objetos de planos de minas. Datos que es necesario tomar en el terreno para poder dibujar un plano de minas. Direccion i rumbos magnéticos, inclinacion, proyecciones i diferencia de altura. Llamar desde luego la atencion a las consecuencias de un error en rumbo magnético comparativamente al mismo error cometido

al emplear las direcciones. Con los datos del terreno determinar las proyecciones horizontales i diferencias de altura parciales; a) por método gráfico o construcción; b) por medio de tablas trasversales; c) por medio de los senos o cosenos naturales. Escala de un plano; su definicion, uso i objeto. Escalas numéricas. Escalas gráficas. Curvas de nivel i su empleo. (Ejercicios repetidos sobre estos temas).

III. *Instrumentos para determinar el largo de las líneas.*—La cadena i sus formas diversas. Huinchas de acero i bronce. Huinchas de jénero diversas. Alambres graduados o nó. Varas ríjidas de madera o metal. Medidas superficiales; agujas indicadoras. Medidas interiores i precauciones por tomar cuando son largas.

IV. *El semi-circu'o graduado colgante.*—Descripcion. Verificaciones i correcciones. Manera de emplearlo.

V. *La brújula suspendida o colgante.*—La brújula i caja de la brújula. Su descripcion. Sus verificaciones i correcciones. Graduaciones diversas de las brújulas. Montante de la brújula. Descripcion. Verificaciones i correcciones. Sensibilidad conveniente para las agujas magnéticas. Brújulas de bolsillo en sus formas mas usuales. Cartucheras de minas, descripcion i útiles que debe contener.

VI. *Modo de tomar en el terreno los datos para un levantamiento con la cartuchera de minas.*—Eleccion de los puntos. Registro para las anotaciones. Orden en que deben hacerse las observaciones. Casos de inclinaciones exajeradas, i modo de subsanar el inconveniente que de ellas resulta por medio de plomadas. Casos en que existan atracciones o desviaciones accidentales de la brújula por accion de fierro o minerales. Manera de cerciorarse de ello i manera de pasar el levantamiento por secciones de esa clase. Detalles que deben tomarse al hacer el levantamiento para la representacion de las labores.

VII. *Dibujo de planos.*—Registro en limpio incluso las proyecciones horizontales i diferencia de altura de las distintas líneas del eje del levantamiento. Diferencia de altura totales o absolutas. Transportadores. (La brújula misma como transportador). Verificaciones i correcciones. Manera de dibujar la proyeccion horizontal: a) con el trasportador; b) con la brújula como trasportador. Eleccion del plano mas conveniente para la proyeccion vertical. Manera de dibujar la proyeccion vertical con las diferencias de altura parciales. Id. id. con las diferencias de altura totales. Modo de representar las labores con relacion con el eje del levantamiento. Proyecciones verticales diversas i cortes trasversales de los planos. Sus ventajas i objeto. Signos convencionales mas usuales.

VIII. *Brújula de trípode.*—Descripcion jeneral. Anteojos. Reticulo. Niveles de burbuja. Limbos graduados. Núñez o Vernier. Lectura por medio de los Núñez. Su aproximacion, modo de conocerla. Núñez de doble graduacion i su inconveniente.

Condiciones con que debe cumplir la brújula de trípode para su empleo: a) Condiciones de la caja de la brújula i la brújula misma, verificaciones i correccion: c) verificaciones i correcciones de las disposiciones para medir los ángulos verticales o inclinacion i del eje óptico del anteojo.

IX. *Empleo de la brújula de trípode para tomar los datos en el terreno.*—Modo de operar. Registro. Visuales atras i visuales adelante. Caso del instrumento

con anteojo escéntrico. Puntos de mira. Puntos fijos i puntos perdidos. Registro en limpio i correcciones necesarias a las visuales dirigidas hácia atrás. Modo de operar si se desea no tener que corregir el registro. Caso de atracciones magnéticas accidentales.

X. *El teodolito*.—Descripción jeneral. Verificaciones i correcciones. Empleo del teodolito al tomar los datos en el terreno. Modo de tomar las direcciones e inclinaciones i manera de marcar los puntos en el terreno. Inclinaciones considerando la línea del levantamiento por los puntos mismos que se han marcado. Uso del teodolito con tres trípodes. Puntos de mira i condiciones que deben cumplir. Inconveniente del teodolito por la acumulacion de errores i conveniencia de tomar el rumbo magnético como control.

Manera de trasladar al papel el levantamiento hecho con el teodolito i registros en limpio con los cálculos respectivos.

XI. *Errores admisibles en los levantamientos*.—Sus límites segun el objeto del trabajo. Cierre de los polígonos i levantamientos duplicados. Compensacion de los errores admisibles.

XII. *Contruccion de los planos por coordenadas*.—Cálculo de las coordenadas segun planos determinados i empleando para ello las tablas trasversales. Coordenados parciales i totales para el caso de la brújula i del teodolito. Coordenados positivos i negativos. Conveniencia de elegir un punto orijen para obtener solo coordinados positivos en total. Este capítulo seria solamente mui elemental, pues en jeneral este sistema no deberia ser empleado por alumnos de las escuela de Minería.

XIII. *Mensura de una pertenencia minera*.—Manera de hacerla cumpliendo con los requisitos exigidos por la lei. Actas de mensura.

XIV. *Los problemas mas frecuentes en las minas*.—Internaciones. Cubicacion de minerales. Comunicaciones diversas. Piques i socavones de cortada. Eleccion de los puntos para situar laboreos con un objeto dado. (En estos problemas se hará una larga série de ejercicios por los alumnos sobre los planos levantados o dibujados por ellos).

## PROGRAMA DE ESPLOTACION DE MINAS

I. *Introduccion*.—Descripción de la explotacion de minas i su alcance.

*Yacimientos minerales*.—Descripción mineral i detalles de las denominaciones especiales relacionadas con los yacimientos minerales. Irregularidades que aparecen en los yacimientos. Diversas clases de yacimientos que se encuentran en la naturaleza. Mantos i sus características; lavaderos. Yacimientos eruptivos. Yacimientos de relleno de caverna o vetas. Características de estos yacimientos. Su modo de ser cuando se cortan o cruzan, etc.

Irregularidad de las vetas i mantos, en especial los botamientos i los arrastamientos, plieges, etc. Mejor manera de resolver el problema provocado por un botamiento. Ejemplos i dibujos de los diversos accidentes de las vetas i mantos. (Todo lo anterior seria solamente como un repaso de la clase de yacimientos minerales i se tomará brevemente aquí como repaso en conformidad con las ideas de aquella clase).

III. *Cateos i primeros reconocimientos.*—Cateo del terreno exterior, trabajos por medio de zanjas i cortos laboreos. Cateos por sondajes i reconocimientos por medio de los mismos.

Sondas de percusion con cordel o de varas ríjidas; sondas rotatorias para terreno blando, sondas de diamante. (Este capítulo seria solamente una concisa descripcion de los métodos empleados, de la maquinaria i de la herramienta empleada, con la descripcion detallada de su manejo).

IV. *Trabajos de preparacion de una mina*—Qué laboreo debe elejirse i discusion de los distintos trabajos por hacer segun el yacimiento. Nomenclatura i objeto de la clase de labor.

V. *Trabajos de arranque.*—Facilidades para el arranque; tension i dureza de las diversas rocas o terrenos. Su division en 5 clases, ejemplos de cada clase.

*Trabajos en los terrenos sueltos o pocos consistentes.*—Herramientas empleadas, rendimientos i precios usuales por operario, dia. Trabajos de laboreros; a mano, por pistones hidráulicos i por dragas. Ideas sobre las palas a vapor i escavadoras.

*Trabajos en terrenos de consistencia media.*—Herramientas diversas, picotas simples i compuestas. Barretas o chuzos. Ideas sobre el rendimiento por operario en los trabajos de socavacion. Ideas sobre el trabajo de esta especie de máquina. (Minas de carbon).

*Trabajos en terrenos duros.*—Trabajos por medio de esplosivos. Diversas clases de esplosivos, su valor relativo su almacenamiento. Herramientas i útiles para hacer los tiros de mina. Rendimiento de los operarios. Condiciones que hacen variar el rendimiento. Barrenos a dos hombres. Brocas, etc. Accion de los esplosivos i condiciones bajo las cuales varia. Manera de distribuir los tiros para un efecto dado.

Máquinas perforadoras. Descripcion completa de un tipo de cada una de las clases siguientes: neumo-eléctricas i de aire comprimido directo. Martillo neumático i sus diversas aplicaciones.

Comparacion de los rendimientos, gastos de enerjía, etc.

Manera de cargar i disparar los tiros en las diversas condiciones de trabajo i de esplosivos empleados.

Otros métodos para partir las rocas, como cuñas infernales, congelacion de agua, etc., empleo del fuego i del agua para facilitar el arranque de las rocas, solamente serán tratados mui someramente.

VI. *Trabajos de explotacion.*—*Introduccion.*—Descripcion del trabajo de explotacion i su objeto. Trabajos exteriores, trabajos interiores.

*Socavones i galerías de nivel.*—Su objeto, su modo de construirlos i distancia conveniente de las últimas. Chiflones i piques auxiliares.

*Piques.*—Su objeto, su forma i dimensiones. Sus divisiones. Verticales i por la veta, su discusion. La manera de construirlos, disposiciones para hacerlo con el pique en explotacion. Medios de que se dispone para activar el avance de un pique.

*Preparacion del campo de explotacion.*—En caso de mantos con poca inclinacion. En vetas o mantos de fuerte inclinacion. Condiciones con que deben cumplir las galerías de nivel en su pendiente, forma i direccion. Piques auxiliares, buzones, etc.

*Arranque del mineral o su explotación.*—Diversas formas empleadas en el arranque del mineral de los macizos. Con i sin relleno. Trabajo a testero, trabajo al piso i trabajo de atravieso. Descripción con todos sus detalles i variaciones principales. Explotación del carbon, trabajo por pilares i por hundimiento i por otros sistemas, descripción i ejemplos concisos. Explotación por grandes cámaras, modo de hacerlo i precauciones por tomar.

*Explotación de yacimientos superficiales o poco encapados.*—*Canteras.*—Modo de explotárlas racionalmente. *Explotación del caliche* en detalle. Explotaciones especiales a tajo abierto, algunos ejemplos.

VII. *Trasportes i extracción.*—Diversos trasportes que se necesita ejecutar en el trabajo de las minas: *Trasportes anteriores*, transporte a lomo de hombre (apires), transporte por arrastre (trineos, etc.) Transporte por angarillas, cachos canastos, etc. Transporte en carros i carretillas. Carretillas, condiciones que deben cumplir, manera de hacer el trabajo en buenas condiciones, rendimiento de un operario en este transporte. Transporte en carros de dos ruedas sin rieles. Transporte en carros de cuatro ruedas sin rieles o rieles muy primitivos. Transporte sobre rieles de fierro o acero. Diversos carros empleados (en detalle), ruedas, ejes, cajas de grasa, etc. Diversas clases de riel (en detalle). Maneras diversas del establecer una línea férrea interior. Condiciones que debe cumplir, pendiente necesaria para que un carro cargado corra por sí solo; pendiente de equilibrio. Líneas férreas de un solo riel colgado, carros i ruedas que se emplean en ese caso. Rieles colgados de cable de alambre en el interior de las minas. Cambios i tornamesas para las líneas. Transporte sobre el agua.

*Fuerza diversa empleada para el movimiento de los carros i su rendimiento.*—Fuerza humana. Empleo de caballos o mulas. Sistemas mecánicos. Empleo de cables o cadenas; a) con cable i contra cable; b) con cable doble de ida i vuelta; c) con cable i cadena sin fin. (Descripción detallada pero sucinta de todo lo necesario para estos sistemas). Transporte con locomotoras, especialmente la eléctrica. Datos numéricos del costo i rendimientos de los trasportes.

Trasportes interiores inclinados (planos inclinados): a) con la carga a favor; palancas i frenos, disposición jeneral de los soportes, etc., porta carros empleados en ellos. Modo de evitar la fricción del cable en las cabezas i en el trayecto.

Planos inclinados de una sola línea i contrapeso. Cables o cadenas empleados en los planos inclinados.

Empleo de cadenas o cables sin fin. Cierre de las entradas a los planos inclinados.

b) Con la carga en contra. Disposiciones jenerales i detalles del paracaídas, enganche, etc.; fuerza empleada por estos aparatos. Diversos sistemas empleados: doble vía, vía sencilla, etc.

*Transporte en la superficie.*—Su diferencia jeneral con los trasportes interiores. Disposiciones usuales i convenientes para la descarga de los carros. Además de los sistemas para el interior ya descritos, se tratarán andariveles sencillos de un solo tramo, con mucho detalle para su construcción, etc. Andariveles de un solo cable sin fin, andariveles con cable, riel i piolas. Manera jeneral de instalarlos, algunos ejemplos de luces grandes: algunos detalles de su construcción i un ejemplo de conjunto. Datos económicos de estos aparatos.

Cables, cables de alambre i cadenas. Su resistencia i valores comerciales aproximados. Comparacion de los cables de manila con los de acero. Uniones diversas empleadas para los cables i para su añadidura.

*Estraccion.*—(Acarreo de transporte vertical o casi vertical). Principios jenerales. Baldes de estraccion diversos: jaulas o jabas para la estraccion de los carros. Conchas para llenar los baldes, su forma conveniente. Disposiciones para vaciar los baldes. Guías de los piques de madera, de cables de acero; su forma i manera de colocarlas. Union de los baldes o jaulas al cable tractor. Descansos o trampas para descansar los baldes o jaula (solo los mas sencillos).

Peinecillos de los piques. Su disposicion jeneral i altura que deben tener. Ejemplos de diversos peinecillos a escala. Tapas o cierre de los piques. Disposiciones diversas para evitar la salida del carro del peinecillo. Disposiciones de control de la situacion de un momento dado del balde o jaula. Señales (chicharras), poleas de los piques, su diámetro segun el cable empleado. Tambores para el arrollamiento de los cables, sus diversas formas, condiciones que deben cumplir, forma mas conveniente. Sistemas para equilibrar el peso de los cables de estraccion. Máquina de estraccion: a vapor, a motor de esplosion, a fuerza eléctrica; descripcion de un tipo de cada una con sus características.

*Estraccion secundaria.*—Tornos sencillos, tornos con engranaje, tornos en que el carro no corre de un punto a otro. Malacates i poleas; sus diversas formas. Rendimiento de los tornos i malacates, honduras hasta donde su empleo es conveniente. Cálculo comparativo con las máquinas de estraccion. Tornos mecánicos.

VIII. *Caminos transporte de operarios.*—Manera jeneral de disponer los caminos i su objeto. Camino por el piso de las labores. Su disposicion. Escaleras. Condiciones de largo, inclinacion i demas detalles con que deben cumplir las diversas clases.

Escaleras mecánicas i otros aparatos empleados para facilitar la entrada i salida de operarios. Entrada i salida por los baldes o jaulas de los piques. Precauciones por tomar en este sistema. Paracaidas o aparatos de seguridad para los baldes cuando se emplean para el tráfico con jente.

IX.—*Fortificaciones.*—Ideas jenerales i su objeto. Distintas clases de fortificaciones: con madera, con mampostería, con hierro, etc.

*Fortificacion con madera.*—Material mas conveniente o herramientas que se emplean; manera de hacer una enmaderacion en galerías, segun varios sistemas i segun las necesidades del terreno. Enmaderacion de los campos de explotacion. Enmaderacion de los piques verticales e inclinados. Colocacion de las maderas para los servicios de un pique en caso de no haber necesidad de enmaderacion jeneral. Enmaderacion de los trabajos de avance por terreno mui suelto o con disfrute en galerías i en piques.

*Fortificacion con hierro.*—Para las galerías, para los piques, etc., lijeras ideas solamente. Fortificacion con mampostería. De ladrillo, de piedra, con o sin mezcla. En galería i en piques. Materiales empleados.

*Fortificaciones a prueba de agua.*—Cierre de labores o tranques. Ideas jenerales i unos pocos ejemplos solo principalmente de tranques. Perforacion

de piques por hundimiento de la fortificacion. Manera de operar en los casos necesarios.

X. *Desagües*.—Diversos modos de desaguar una mina, segun las condiciones que se presentan. Sifones, bombas a mano. Desagüe con los baldes de extraccion. Cómo se lleva a efecto.

*Bombas movidas mecánicamente*.—Bombas diversas, pistones, válvulas, émbolos. Cañerías i condiciones que deben cumplir. Su defensa contra la accion corrosiva de algunas aguas. Manera de mover las bombas o aparatos que los ponen en conexion con los motores cuando éstos están distantes, segun los diversos casos; contrapeso de estos aparatos. Bombas directamente unidas a sus motores (a vapor, a aire comprimido i a electricidad). Bombas centrífugas de alta presion. Tipo de bombas colgantes i su descripcion i su objeto.

Aparatos elevadores de agua (tipos inyectoros) a vapor, agua comprimida i con agua. Lijera descripcion, indicando los casos en que pueden ser de utilidad.

XI. *Ventilacion i alumbrado*.—Ventilacion natural. Modo de efectuarla i sus principios. Cantidades de aire necesario en los diversos casos. Diversas maneras de aumentar el efecto de la ventilacion natural.

Ventilacion con ventiladores. Solamente ideas jenerales i descripcion de algunos tipos de ventiladores.

Alumbrado corriente en las minas, lámparas diversas, lámparas de seguridad, aceites empleados, lámparas de acetileno.

Alumbrado eléctrico en las minas.

XII. *Disposiciones jenerales del trabajo de una mina*.—Herramientas: conservacion i distribucion a los operarios. Barrenos i cucharas, su construccion i compostura. Fraguas, herreros, carbon empleado i precauciones.

Manera de hacer ejecutar los trabajos. A contrata, al dia, por unidad, etc.

Libretas i formularios convenientes para llevar los apuntes de una mina.

Datos prácticos i comparativos de precios diversos de laboreos, arranque, etc., que se presentan con mas frecuencia en los trabajos. Organizacion jeneral i especial de cada trabajo.

## PROGRAMA DE MAQUINAS I ELEMENTOS DE MECANICA

I. *Principios jenerales*.—Movimiento de un punto. Movimiento rectilíneo uniformemente variado. Aceleracion. Fuerza. Descomposicion i composicion gráfica de las fuerzas diversas que obran en un punto. Fuerza centrífuga. Masa de los cuerpos. Pesantez. Su direccion. Atraccion universal i sus leyes. Centro de gravedad. Lei de la caida de los cuerpos en el vacío. Id. en un fluido cualquiera. Trabajo. Unidades empleadas para medir el trabajo. Fuerza viva. Momento de las fuerzas. Equilibrio de los sólidos i líquidos. Equilibrio de un cuerpo flotante. Caloría. Equivalente mecánico del calor. Conservacion de la fuerza. Potencia calorífica de los combustibles mas usuales. Vapor de agua. Tensiones a diversas temperaturas. Calor latente de vaporizacion. Presion atmosférica. Sus variaciones en un mismo punto i con la altura sobre el mar. Unidades empleadas para medir las presiones. Comprensibilidad de los gases

i sus leyes. Fuerza necesaria para comprimir una cantidad dada a una presion dada. Datos jenerales.

Fuerza de friccion. Coeficientes mas empleados. Ejemplos. Angulo de res-balamiento natural.

II. *Mecanismos sencillos*.—Palancas i sus leyes. Cuñas i planos inclinados. Poleas sencillas i compuestas. Tecles i aparejos. Tornos sencillos. Tornos de engranaje. Malacates i cabrestantes. Cálculo de la capacidad de estraccion de estos aparatos. Poleas i cálculo de su diámetro para las trasmisiones. Ejes, indicacion de sus espesores. Engranajes en jeneral. Descansos diversos, su objeto i su lubricacion. Importancia de esta operacion.

III. *Motores*: a) *Motores animados*.—El hombre como motor. Condiciones con que debe cumplir el trabajo i rendimieato que puede esperarse. Los animales como motores. Condiciones mas ventajosas de esfuerzo, velocidad, etc. Rendimientos posibles i prácticos en diversas circunstancias.

b) *Motores propriamente dichos*.—*Calderas i motores a vapor*.—Esplicacion, jeneral de la manera cómo el calor producido por un combustible en las calderas es trasformado en enerjía. Descripcion completa de los tipos de calderas mas empleados. Su instalacion. Su manejo en jeneral i particular.

Manómetros, tubos de nivel, válvulas de seguridad, puertas de limpias, llaves especiales, etc. Tiraje natural i tiraje forzado. Combustibles mas empleados i su comparacion. Fogoneros e importancia de la alimentacion adecuada del combustible; premios por economía, etc. Leña, carbon de piedra i petróleo.

Calidad de las aguas que deben emplearse. Métodos usuales de su mejoramiento.

Principio de los motores a vapor. Presiones usuales. Diversas distribuciones. Motores con i sin expansion; con i sin condensacion. Marcha en diversos sentidos. Cambio de la expansion. Motores Compound. Descripcion detallada de todas las partes constitutivas de un motor a vapor. Tipos mas usuales de motores. Motores de un solo cilindro, de dos cilindros, de cilindros Compound. Volantes i poleas motrices. Trasmision de la enerjía de la máquina motriz a la que aprovecha su fuerza.

Consumo de combustibles por caballo hora en las instalaciones diversas. Rendimiento jeneral de una instalacion a vapor.

Manera cómo se espresa el poder de una caldera i de un motor a vapor.

Turbinas a vapor. Descripcion jeneral de uno o dos tipos i ventajas que tienen.

Diagramas de presion o trabajo.

*Motores de combustion interna o de esplosion*.—Principios en que se funda la trasformacion de la enerjía calórica en enerjía mecánica en estas máquinas

Motores a gas. Ciclos diversos empleados. Descripcion jeneral i particular de algunos motores a gas. Mecanismos i métodos diversos para provocar la esplosion o combustion interna. Jeneradores a presion i de succion para gas pobre. Aparatos para captar i limpiar el gas. Combustibles empleados i cantidades necesarias por caballo hora.

Motores a petróleo, bencina, etc. Descripcion detallada de uno de ellos. Motores Diesel, su manera de operar. Cantidad de combustible empleado por HP. hora en los diversos motores de petróleo, bencina, etc.

Influencia de la altura sobre el nivel del mar en los motores de combustion interna.

Comparacion jeneral entre los rendimientos i gastos de combustibles de los diversos motores anteriores descritos.

*Motores i jeneradores eléctricos.*—Corrientes eléctricas diversas que se emplean industrialmente. Descripcion jeneral de los motores i jeneradores eléctricos diversos. Ideas jenerales sobre sus ventajas.

*Motores hidráulicos.*—Cálculo de la fuerza teórica i práctica que representa una caída de agua. Manera de medir la cantidad de agua en los diversos casos. Ruedas hidráulicas. Turbinas mas usuales. Ruedas tanjenciales (Pelton, etc.) Rendimiento de estas diversas máquinas. Motores de columna de agua. Monta cargas hidráulicas.

*Motores o molinos de viento.*—Descripcion de algunos tipos. Su uso, ventajas e inconvenientes de estos motores.

*Motores de aire caliente.*—Principios en que se funda. Descripcion de los dos tipos mas usuales. Rendimientos de estos motores.

IV. *Compresoras de aire.*—Tipos mas usuales. Compresion sencilla i escalonada. Fuerzas necesarias para obtener una cantidad de aire a presión dada. Rendimiento de estas máquinas.

V. *Manejo i conservacion de las diversas máquinas.*—Ideas jenerales i cuidados especiales que se presentan en los diversos casos. Maquinistas i fogoneeros, encargados de las bombas, etc.

## PROGRAMA DE JEOMETRIA DESCRIPTIVA

I. *Jeneralidades.*—Objeto de la Jeometría Descriptiva. Planos de proyeccion octogonal i otras clases. Consideraciones jenerales entre la manera de representar un punto i una recta i un plano en los planos de proyeccion. Los cuatro ángulos de sistema de proyeccion i manera de dibujar en ellos. Conveniencia de elegir los planos de manera que todo el dibujo quede en el primer cuadrante. Planos auxiliares de proyeccion i su objeto. Ejemplo de una recta que queda indeterminada a las proyecciones i necesita un plano auxiliar. Sistema usual para distinguir la proyeccion vertical i horizontal. Abatimiento de los planos de proyeccion unos sobre otros para reducirlo a uno i poder representar así las figuras de una sola hoja. Línea de tierra.

II. Proyecciones que representan un punto en el espacio. Condiciones que deben cumplir las proyecciones para que representen un punto. Manera de proyectar un punto.

III. De las rectas. Proyeccion de una recta, caso en que queda indeterminada. Trazas de una recta con los planos de proyeccion, manera de determinarlos. Dada una recta determinar sus trazas. Dadas las trazas de una recta determinar sus proyecciones. Proyecciones de rectas paralelas, perpendiculares de rectas que se cortan, rectas que se cruzan. Abatimientos i su objeto.

Distancia de dos puntos tomada de sus proyecciones. Distancia de un punto a una recta.

IV. Los planos. Manera de representar los planos. Diversas posiciones de las trazas de los planos segun la situacion en el espacio. Interseccion de un

plano por una recta cualquiera. Distancia de un punto a un plano. Distancia mínima absoluta segun la horizontal i segun la vertical. Interseccion de dos planos entre sí. Angulo que forman los dos planos. Semejanza de la traza horizontal de un plano con el rumbo. Líneas de pendiente máxima o inclinacion de un plano.

Problemas diversos mui repetidos de estos mismos asuntos para la práctica.

Cortes trasversales i su objeto. Proyecciones ausiliares sobre otros planos. Proyecciones de figuras regulares, e irregulares, pocos ejemplos.

VI. *Acotaciones o manera de representar las figuras en un solo dibujo.*—Cotas o acotaciones de un punto. Id. de una recta. Id. de un plano traza i línea de mayor pendiente. Escala de pendientes. Curvas de nivel i su aplicacion en la representacion del terreno. (Este párrafo VI solo mui superficialmente.)

VII.—*Planos de minas.*—Ejemplo sencillo del dibujo de un laboreo de una mina abierta sobre una veta de regular inclinacion. Determinacion del rumbo medio, pendiente media i del plano que mas aproximaría a la situacion de la veta. Explicacion de los coordenados i su objeto. Condiciones mas convenientes con que debe cumplir la eleccion de los planos de proyeccion i sistema de coordenada en planos de minas. (Solamente ideas jenerales).

## PROGRAMA DE MINERALOJIA, JEOLOJIA I YACIMIENTOS

El curso de Mineralojía, Jeolójia, i Yacimientos se dividirá en 4 partes

- I.—Mineralojía.
- II.—Jeolójia jeneral.
- III.—Petrografía.
- IV.—Yacimientos.

### I.—MINERALOJÍA

Bajo el punto de vista de estudiar con preferencia los minerales:

- A. De uso técnico (metales, sales, azufre, piedras preciosas, etc.)
- B. Qué constituyen las principales rocas.

Definicion de «mineral» i mineralojía (R. uso falso de la palabra «mineral» en Chile para «asiento minero»).

### I.—MINERALOJÍA JENERAL

#### A.—*Morfología de los minerales*

- a. Minerales amorfos i cristalinos, cristalizados.
- b. Cristalicacion.
  1. Caras, aristas, ángulos, ejes, planos de fractura.
  2. Elementos de cristalografía.

3. Los seis sistemas cristalográficos con pocas figuras características de tipos chilenos.
4. Anomalías e imperfecciones de los cristales.

*B.—Física de los minerales*

- a. Densidad.
  - b. Cohesion.
1. Clivaje, cruceros.
  2. Fractura.
  3. Dureza.
  4. Elasticidad.
- c. Carácterés ópticos.
1. Brillo.
  2. Trasporencia.
  3. Color, raspadura.
  4. Pleochroismo.
  5. Fluorescencia i fosforecencia.
- d. Carácterés magnéticos (influencia sobre la brújula en mensura de minas).

*C.—Química de los minerales*

- a. Constitucion química de los minerales con referencia a la clase de química.  
Fórmulas químicas de los minerales.
- b. Clasificacion de los minerales segun su constitucion química.
- c. Solubilidad de los minerales.
- d. Accion del calor: fusion, soplete. Reconocimiento por el soplete.

**2.—FISIOGRAFÍA DE LOS MINERALES**

La clasificacion de los minerales en esta parte «Fisiografía» no será conforme a la clasificacion usual, segun la composicion química (segun los ácidos), pero atenderá mejor a las necesidades prácticas siguiendo mas o ménos el sistema de Domeyko:

I.—Minerales metálicos.

II.—Minerales alcalinos i térreos, que no contienen sílice.

III.—Cuarzo i silicatos.

Se describirán: color, brillo, dureza, cristalización, fractura, raspadura. composicion i fórmula química, orijen i uso técnico de los siguientes minerales.

Se indicarán las leyes de los mirales industriales. En cuanto a los minerales que no son objeto de explotacion minera, se tratará ademas, sobre sus yacimientos mas importantes en Chile o repúblicas vecinas. (Los yacimientos de los carbones i aceites minerales se tratarán en el Capítulo «Petrografía», los yacimientos de los metales en el Capítulo «Yacimientos»).

## I.—MINERALES METÁLICOS

## 1. Oro

- a. Oro nativo.
- b. Oro telurial.
- c. Piritas auríferas.

## 2. Platino.

- a. Platino nativo.

## 3. Mercurio.

- a. Mercurio nativo.
- b. Cinabrio.

## 4. Plata.

- a. Plata nativa
- b. Galena, blenda i piritas arjentíferas.
- c. Plata sulfúrea (arjentita).
- d. Plata antimonial.
- e. Plata arsenical.
- f. Plata mercurial.
- g. Polibasita.
- h. Cobre gris platoso (panabasita platoso).
- i. Stromeyerita.
- k. Rosicler oscuro (pirarjirita).
- l. Rosicler negro (stephanita).
- m. Rosicler claro (proustita).
- n. Cloruros, ioduros, bromuros de plata (Huantajayita).

## 5. Plomo.

- a. Galena.
- b. Boulangerita.
- c. Bournonita.
- d. Jamesonita.
- e. Cerussita.
- f. Anglesita.
- g. Pyromorphita.
- h. Mimetesita.

## 6). Zinc.

- a. Blenda.
- b. Zincita (óxido rojo).
- c. Silicatos de zinc.