

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SANTIAGO DE CHILE

SUMARIO

	Pájs.
El problema del azimut de un astro, en el que se esponen los métodos mas prácticos i mas sencillos para determinarlos con distinto grado de precision...	579
Lo que costó la huelga de los mineros ingleses.....	593
La jeología de la rejion comprendida entre los rios Cautin, Cholchol i Quillen en la provincia de Cautin i los yacimientos de carbon antracitosos de Nielol.....	595
Ciencia e industria.....	626
Proyecto de establecimiento minero metalúrgico i técnico industrial de investigacion i ensaye.....	632
Principios sobre lixiviación del cobre.....	642
Sección Salitrera.....	660
El desarrollo de la quebrantadora de discos i la práctica de lixiviar.....	663
Revista Quincenal.....	666

El problema del azimut de un astro, en el que se esponen los métodos mas prácticos i mas sencillos para determinarlos con distinto grado de precision.

(Trabajo dedicado al distinguido ingeniero don Cárlos Lanas)

En la Navegacion i la Jeografía, como en la Astronomía i la Jeodesia i en otras ciencias i artes, el problema de la *Orientacion* es de capital importancia.

Si nos trasladamos de un punto a otro de la superficie de la Tierra, no podemos dar un paso seguro sin orientarnos; si deseamos hacer una representacion fiel de esta superficie, lo primero que necesitamos es una línea fija, invariable, de fácil reconocimiento sobre el terreno i a la cual deben referirse todas las demas del dibujo. Tal es la línea Norte-Sur, llamada comunmente *Meridiana*, i cuya localizacion se obtiene por la interseccion del plano *meridiano del lugar* con el plano del *horizonte*.

La meridiana, prolongada indefinidamente, encuentra la esfera celeste en dos puntos llamados *Norte*, el mas próximo al polo Norte, i *Sur*, el mas próximo al polo Sur; i la perpendicular a esta línea determina en la misma

esfera otros dos puntos que se denominan *Este*, el que corresponde a la rejion por donde salen los astros, i *Oeste*, el opuesto. Estos cuatro puntos en el infinito o direcciones constituyen los llamados *puntos cardinales*; i el determinarlos o fijarlos en el horizonte de un lugar cualquiera de la Tierra constituye el problema de la *Orientacion*. Claro es que determinado uno de ellos, de hecho quedan determinados los demas; i así *el problema de la orientacion se reduce al trazado o definicion de la meridiana o de la perpendicular a esta línea*.

Ahora bien, si se considera el haz de planos que pasa por la vertical de un punto cualquiera de la superficie terrestre, el ángulo diedro que uno cualquiera de ellos forma con el plano meridiano se llama *azimut* de todo punto del primero con relacion al plano meridiano i lugar considerado. Así, por ejemplo, si consideramos un astro, el *azimut de este astro*, para un punto de la Tierra, *será el diedro formado por el plano vertical del astro i el plano meridiano*. Este diedro estará medido por el ángulo que forman las intersecciones de dichos dos planos con el horizonte, es decir, por el ángulo formado por la meridiana con la proyeccion sobre el horizonte de la visual dirijida al astro.

El azimut es, en resúmen, el *arco de horizonte* comprendido entre el punto *Sur* o *Norte* i *el punto en que el plano vertical del astro corta el horizonte*. Por tanto, para que el azimut quede perfectamente definido, es preciso fijar la línea de partida u orijen del ángulo azimutal i el sentido en que se cuenta.

La convencion mas jeneral en Astronomía, ya se trate del azimut de un astro, ya del de un objeto terrestre, *es contarlo a partir de la direccion Sur i en el sentido Sur-Oeste-Norte-Este* de 0° a 360° . Pero tambien se toma como punto de partida el Norte, contándose de 0° a 180° , tomando como positivos los azimutes contados del Norte hácia el Oeste i como negativos los que van hácia el Este.

En la práctica habitual de la Navegacion, el azimut es el ángulo inferior a 90° , contado a partir del meridiano; se cuenta, pues, del Norte hácia el Este i hácia el Oeste, i del Sur tambien en los dos sentidos. Así, el azimut astronómico 145° lo espresan los marinos: Norte 35° Oeste. En todo caso, al dar una direccion en el horizonte o un azimut, se debe indicar el orijen i el sentido en que se ha de contar.

El plano meridiano representa en la esfera celeste un plano fundamental, i, por consiguiente, su determinacion es un problema de capital importancia en la Astronomía práctica.

La *Jeografía* no ha existido como ciencia hasta que se resolvió el problema de las posiciones jeográficas, en el cual siempre se incluye el de la determinacion del azimut, pues no basta conocer la situacion de los diversos

lugares en la superficie terrestre, sino saber cómo se puede pasar de unos a otros, i *este camino lo marca el azimut.*

Al caminar por la superficie del planeta, la orientacion es necesaria para asegurarnos de que vamos por buen camino o para saber por dónde i adónde vamos. I el viajero aéreo, que pierde de vista la superficie terrestre, ¿qué guía va a tener en su aislamiento, si no sabe orientarse? Cuando se trata de operaciones sobre el terreno, ya sea para la construccion de un mapa, o para la formacion de un plano topográfico, o para precisar los límites de una pertenencia minera, o para el trazado de un ferrocarril, i aun para el simple replanteo de un edificio, *el problema de la orientacion es inevitable.*

Resulta, pues, i esto proclama su importancia, que el conocimiento del azimut permite resolver interesantes problemas en Astronomía i Geodesia, es de aplicacion continua en la Navegacion, constituye *un dato indispensable en las exploraciones jeográficas, en los viajes aéreos, en las expediciones militares*, i lo necesitan con frecuencia, en sus trabajos de campaña, los ingenieros, arquitectos, topógrafos i agrimensores.

* * *

Los elementos *meridiana i azimut*, como datos para la orientacion, *son equivalentes*; porque si conocemos la meridiana de un lugar, deduciremos de ella el azimut de otra direccion cualquiera en el punto donde nos hallamos; i *si conocemos el azimut de una direccion celeste o terrestre, podremos inferir la de la meridiana.* Sin embargo, el concepto primordial i el problema que primero hubo que resolver fué *el de la meridiana.*

Hai varios métodos mui sencillos para fijar aproximadamente la direccion de esta línea. Fúndanse algunos en *las leyes del movimiento diurno* i otros en *las propiedades de la aguja magnética.*

Así, por ejemplo, si se trata de una estrella circumpolar, la altura meridiana de ésta será máxima en la culminacion superior, i mínima en la inferior. Esta propiedad de ser máxima o mínima la altura de una estrella en el momento de su paso por el meridiano se utiliza para fijar este plano i *determinar o trazar, por consiguiente, la meridiana.*

Un simple *gnomon*, o jalon vertical, puede tambien servir para el objeto. En efecto, plantada verticalmente una varilla o estaca en un plano horizontal, *la direccion de la sombra*, cuando ésta sea mínima, *marcará la meridiana.* La estimacion de la sombra mínima podrá hacerse trazando una serie de arcos de círculo concéntricos, i cuyo centro comun esté en el pié del gnomon, hácia la estremidad de la sombra en las proximidades del mediodía.

La *aguja imantada* sirve tambien admirablemente para fijar la direccion de la meridiana.

En efecto, todos sabemos que la aguja magnética dispuesta de manera que pueda jirar libremente alrededor de un eje vertical *toma por sí una direccion aproximada a la de la meridiana del punto o eje de suspension*. El ángulo que forma el eje magnético de la aguja, dispuesta de la manera dicha i una vez en equilibrio, con la meridiana astronómica, *se llama declinacion de la aguja magnética*. Esta declinacion magnética varía de un punto a otro de la Tierra; i en un mismo lugar de un momento a otro del dia, de un dia a otro en el curso del año, i de un año a otro en el trascurso de los siglos.

Si en un lugar i momento determinado conocemos la declinacion magnética, claro es que con este dato podremos orientarnos sirviéndonos de una aguja magnética montada de manera que pueda jirar con libertad en un plano horizontal i sobre un círculo graduado centrado con el eje de jiro de la misma. No habrá mas que contar a partir del eje magnético de la aguja el valor de la declinacion sobre el círculo graduado i se tendrá la graduacion de éste que corresponde a *la meridiana astronómica*. La aguja magnética así dispuesta para la orientacion se llama *brújula*, en jeneral, i por los marinos *compás náutico*.

Ademas, como métodos científicos para fijar la direccion de la meridiana, i, por tanto, mas exactos que los anteriores, debemos mencionar el de las alturas correspondientes de los astros, el de pasos de los mismos por el primer vertical, i, finalmente, el que se basa en las máximas digresiones de las estrellas circumpolares, en cuyos detalles técnicos no podremos entrar por la índole tan sencilla i tan elemental de este trabajo.

* * *

El *azimut de un astro en un momento dado* se puede determinar directamente por el cálculo. Basta para esto que se conozcan sus coordenadas ecuatoriales, i, con éstas i los datos locales de latitud i hora, se obtiene, por fórmulas apropiadas, el azimut, i de este azimut se puede inferir el de otra direccion cualquiera celeste o terrestre i tambien *la meridiana*.

Este es el procedimiento que hoi se sigue para la determinacion del azimut de una direccion terrestre, es decir, que *se halla por referencia al azimut calculado de un astro*; i así es como se obtiene la mayor precision. Sin embargo, en muchas aplicaciones basta la aproximacion que dan los métodos de trazado directo de la meridiana, fundados, como hemos dicho, en las propiedades de la aguja magnética i en los fenómenos derivados del movimiento diurno, para resolver el problema de la orientacion.

Vamos ahora a esplicar cuáles son los métodos mas prácticos i mas sencillos para *calcular el azimut de un astro*, cuyas coordenadas ecuatoriales

(ascension recta i declinacion aparentes) sean conocidas, juntamente con la latitud i hora del lugar de observacion.

Podemos dividir este problema en tres partes:

1.^a Procedimientos mas sencillos para calcular el azimut de un astro con aproximacion de $\frac{1}{2}^{\circ}$ a 1° , que es lo que jeneralmente se exige para los fines de la Navegacion;

2.^a Procedimientos mas sencillos para calcular el azimut de un astro con aproximacion de $1'$ de arco, que es cuanto se puede exigir en trabajos topográficos; i

3.^a Procedimientos para calcular el azimut de un astro con error máximo de $1''$ a $2''$ de arco, que es lo que se puede pedir en trabajos de precision.

Trataremos separadamente de cada una de ellas.

1.^a *Procedimientos mas sencillos para calcular el azimut de un astro con aproximacion de $\frac{1}{2}^{\circ}$ a 1° .*

Dos procedimientos, mui sencillos i mui espeditos, tenemos a nuestro alcance para obtener el azimut de un astro con $\frac{1}{2}^{\circ}$ a 1° de aproximacion: consiste uno en la construccion de un gráfico, como el indicado en la figura adjunta, i el otro por medio de las «*Tablas de Azimutes*» de F. Labrosse, antiguo oficial de la Marina Francesa.

Nuestro gráfico se refiere a una determinacion del *azimut de la estrella alfa del Centauro* en Santiago, para el dia 24 de Octubre del presente año i a las 8 h. 58 m. 31,53 s. P. M., hora local astronómica.

La estrella *alpha Centauro* es, como sabemos, *la mas próxima* a la Tierra i su luz demora como cuatro años para salvar la distancia que la separa de nosotros. Se trata, en consecuencia, de una estrella mui conocida i fácil de localizar en el cielo.

Antes de proceder a la construccion del gráfico, es necesario calcular *el ángulo horario de la estrella*.

Para esto sabemos que, por definicion, el ángulo horario t es la diferencia entre la hora sidérea θ de la observacion i la ascension recta aparente a del astro.

En consecuencia, por medio de un calculito mui sencillo, como el indicado en la parte superior del gráfico, se obtiene como valor del ángulo horario de la estrella, para el momento de la observacion, el que sigue:

$$t = 8 \text{ h. } 35 \text{ m. } 53,44 \text{ s. o sean } 128^{\circ} 58' 21'', 60 \text{ de arco.}$$

Ahora podemos ya proceder, sin dificultad alguna, a la construccion del gráfico. (Fig. 1).

Para esto, tomemos como plano de la figura un plano vertical que pase por el polo celeste P . Sean Z el cenit del observador i HH' el horizonte Norte-Sur. Localicemos *el paralelo celeste* seguido por el astro considerado; su plano es normal a la figura i se proyecta segun una perpendicular MN a OP , de tal modo que el arco P_1M sea igual a la distancia

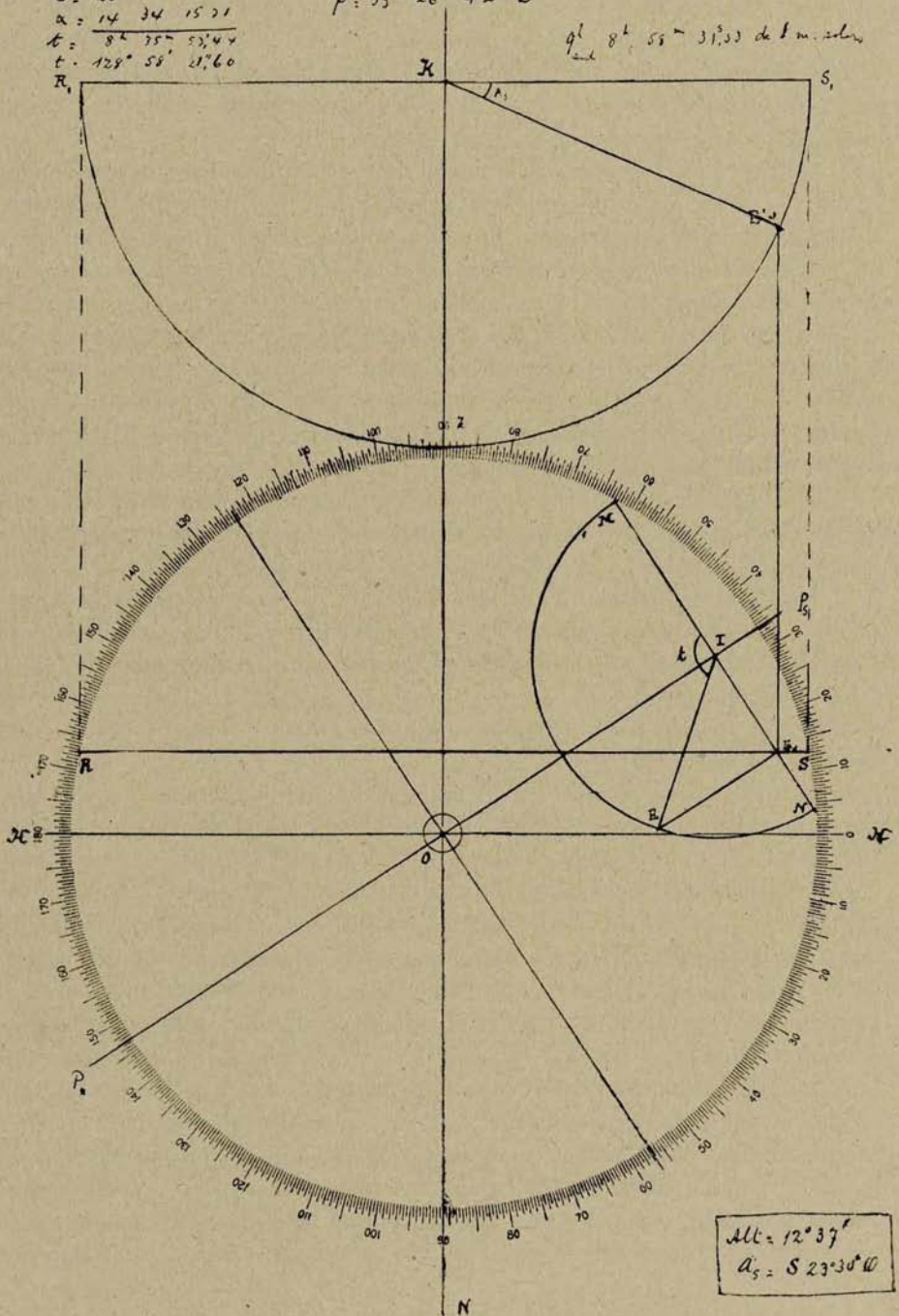
Altura y acimut de α Centauro
el 24 de Octubre de 1921
en Santiago

$\theta_0 = 14^{\circ} 10' 9.15''$
 $\theta = 23^{\circ} 10' 9.15''$
 $\alpha = 14^{\circ} 34' 15.71''$
 $t = 8^{\circ} 55' 53.44''$
 $t = 128^{\circ} 58' 23.60''$

$p = 33^{\circ} 26' 42'' S$

$\alpha = 14^{\circ} 34' 15.71''$
 $\delta = -60^{\circ} 30' 38.00''$

$q = 8^{\circ} 55' 31.53''$ de 1 m. sobre



$Alt = 12^{\circ} 37'$
 $Az = S 23^{\circ} 30' W$

polar del astro, es decir, a 90° ménos su declinacion aparente. Ahora bien, para fijar sobre MN la proyeccion del astro, hagamos jirar el paralelo celeste, que describe, sobre el plano de figura i alrededor de MN: obtenemos así un círculo en el cual será fácil señalar la posicion del astro E, i en donde el ángulo MIE no es otro que *el ángulo horario t*; la proyeccion buscada de E será entónces E_1 , pié de la perpendicular bajada de E sobre MN. *Este punto E_1 nos da inmediatamente la solucion de nuestro problema.* Basta, para tener la distancia cenital del astro, trazar por E_1 una paralela RS a HH': *el arco ZS es la distancia cenital i el arco SH' es la altura del astro sobre el horizonte.* Para conocer el azimut, no queda sino hallar el punto del círculo menor RS que se proyecta tambien en E_1 : para esto hagamos jirar este círculo alrededor de la línea RS (r), i se obtiene, sin gran esfuerzo, levantando por el punto E_1 una perpendicular a RS, el punto E', que resuelve el problema. En efecto, *el ángulo $S_1 K E'$ es el azimut buscado.*

Así, pues, el gráfico nos dice que *el azimut de alfa del Centauro*, para el dia i hora de la observacion, es de $23^\circ 30'$, contado desde el Sur hácia el Oeste, o sea $S 23^\circ 30' O$, i *la altura es igual a $12^\circ 37'$ sobre el horizonte*, lo que está de acuerdo, i dentro de la aproximacion buscada, con los cálculos de precision que vienen mas adelante.

Con las «*Tablas de Labrosse*» es mas fácil aun conocer el azimut de un astro en un momento cualquiera.

Lástima es que estas tablas sólo sirvan para *declinaciones de los astros* comprendidas *entre 30° Sur i 30° Norte* i para *latitudes del punto de observacion* que varían *desde 61° Sur hasta 61° Norte*. Sin estas limitaciones, estas tablas serían ideales para el problema que nos ocupa.

He aquí las sencillas instrucciones que prescribe Labrosse para el uso de sus tablas:

«Tómese la Tabla cuyo título, en la parte superior de la página, es *la latitud del punto de observacion.*

Hállese *la distancia polar del Sol*, en la primera columna vertical de la izquierda (cuyo título en frances es «*Distance polaire*»).

Despues, hállese tambien, en la línea horizontal i correspondiente *la hora verdadera de la observacion*, si fuere de la mañana, i *el suplemento a 12 h. de la hora verdadera*, si fuere de la tarde.

En la parte superior de la columna vertical, donde se halla la hora o el suplemento, se tomará el azimut verdadero del Sol, contado desde el punto cardinal del mismo nombre que el del polo elevado, i hácia *el Este* cuando el azimut magnético se ha observado por *la mañana* i hácia *el Oeste* cuando el azimut magnético se ha observado por *la tarde*.

Ejemplo.—En Latitud $33^\circ 26' 42''$ S (Latitud de Santiago) i siendo la distancia polar del Sol de $73^\circ 6'$, se pide *el Azimut Verdadero del Sol* para

(1) Para no complicar demasiado la figura, hemos efectuado el abatimiento sobre una paralela $R_1 S_1$ a RS, en vez de hacerlo sobre esta última línea.

las 4 h. 16 m. de la tarde, hora verdadera de la observacion, del dia Miércoles 9 de Noviembre de 1921.

Respuesta.—El *Azimut Verdadero del Sol es S 89° O.* (Ver página 74).

Labrosse ha tenido tambien la buena idea de agregar al final de sus tablas otra tabla suplementaria de «*Correccion del Azimut*», cuyo uso está indicado, cuando la hora dada no se halla en la «*Tabla de los Azimutes*».

Para esto, se buscará en la primera línea horizontal de dicha tabla suplementaria, el número correspondiente a la diferencia entre las dos horas consecutivas de la «*Tabla de los Azimutes*» que comprenden la hora dada.

Hállese despues en la primera columna vertical, de la izquierda o de la derecha, el número correspondiente a la diferencia entre la hora dada i la inmediatamente menor en la «*Tabla de los Azimutes*».

El resultado, así tomado en la tabla suplementaria, es la correccion que debe *sumarse al* o *restarse del* acimut aproximativo correspondiente a la hora inmediatamente menor, en la «*Tabla de los Azimutes*».

Fuera de las tablas de Labrosse, se han publicado ademas varias otras, como las inglesas de Johnson i las alemanas de Weyer, que dan los azimutes de los astros para el doble argumento, declinacion i altura, i la XXXIX del tomo de «*Tablas de Logaritmos i de Navegacion*» de G. Friocourt, Teniente de Navío i ex-profesor de Cálculos Náuticos en la Escuela Naval de Francia, fundada en las analojías de Néper, las que, aun cuando todas sirven para las aplicaciones en la Navegacion, donde basta conocer, como hemos dicho, el azimut al medio grado, no son tan cómodas ni tan sencillas como las de Labrosse.

2.^a *Procedimientos mas sencillos para calcular el azimut de un astro con 1' de aproximacion.*

Para conocer en un momento dado el azimut de un astro con 1' de aproximacion, no hai nada mas ventajoso, ni mas espeditivo, que el procedimiento indicado en las «*Nuevas Tablas Náuticas*», ideadas i calculadas por el Director del Observatorio Astronómico Nacional, don Alberto Obrecht.

Estas «*Nuevas Tablas Náuticas*», que se dieron a la estampa en 1918 i para las que no hubo en nuestros diarios i revistas las palabras de encomio que con justicia merecian, quizás por ese terror que los agrupamientos de números siempre infunden a nuestros intelectuales, nos permiten obtener, sin cálculo logarítmico, la altura i el azimut de un astro, cuando se conoce su declinacion i su ángulo horario.

Son, como dice su autor, *tablas de doble entrada*, en las que el argumento vertical x, que corresponde a la declinacion del astro, varía de grado en grado, desde 0° hasta 90°; i el argumento horizontal Y, que corresponde al ángulo horario, varía tambien de grado en grado, desde 0° hasta 180°.

Las tablas nos dan los valores, en grados, minutos i décimos de minuto, de dos ángulos x', Y' que se pueden llamar los *conjugados* de x. Y, es decir,

términos que concurren a la misma operacion; x' queda comprendido entre 0° i 90° , Y' entre 0° i 180° .

En las aplicaciones de estas tablas, los ángulos x , Y pueden ser positivos o negativos; se deduce entónces, de las ecuaciones fundamentales, que nos presenta el autor, que x' tiene el signo de Y e Y' el signo de x .

Así, pues, con esta regla tan sencilla se evita toda equivocacion de signos en el uso de estas tablas.

Un ejemplo pondrá mas en claro el manejo de ellas.

EJEMPLO

Cálculo de la altura i el azimut de alfa del Centauro, para el Lunes 24 de Octubre de 1921 a las 8 h. 58 m. 31,53 s. P. M. (t. m. solar).

$$\begin{aligned} \phi &= - 33^{\circ} 26' 42'' && \text{(páj. 6)} \\ \delta = - 60^{\circ} 30',6 = x_1 & \quad x'_1 = + 22^{\circ} 31' = x && \text{(páj. 106)} \quad x' = + 12^{\circ} 47' = h \\ H = + 128^{\circ} 58',3 = Y_1 & \quad Y'_1 = - 109^{\circ} 36' \dots && \text{(páj. 107)} \\ 90^{\circ} - \phi &= + 123^{\circ} 26',7 \\ \hline Y'_1 + 90^{\circ} - \phi &= + 13^{\circ} 50',7 = Y && \\ & && Y' = + 23^{\circ} 6' = A \\ & && \text{(páj. 7)} \end{aligned}$$

Como se ve, el cálculo es de lo mas sencillo i los valores de *la altura i el azimut* resultan en perfecta concordancia con los que se obtienen por las fórmulas de precision que vienen mas adelante.

Pocos años atras, el Capitan de Corbeta Radler de Aquino, de la Armada Brasileña, publicó tambien unas «*Tablas de Azimutes*», fundadas en un principio análogo, pero su manejo es mucho mas fatigoso i complicado que las del señor Obrecht.

* * *

3.^a *Procedimientos para calcular el azimut de un astro con error máximo de 1'' a 2'' de arco.*

La fórmula que resuelve del modo mas conveniente el problema planteado es la que sigue:

$$\tan a_n = \tan a_n = \frac{\cot \delta \sec \phi \operatorname{sen} t}{1 - \cot \delta \tan \phi \cos t} \quad (1)$$

El cálculo directo de esta fórmula se facilita todavía mas, designando $\cot \delta \tan \phi \cos t$ por a , con la Tabla 30, debida al Profesor aleman Th. Al-

brecht, que da el valor de $\log \frac{1}{1-a}$ en unidades del 6.º orden decimal, para valores convenientes de $\log a$, espresados con 5 decimales.

Así, pues, tomando logaritmos, la fórmula (1) adquiere esta sencilla forma:

$$\log \tan a_s = \log \tan a_n = -(\log \cot \delta \sec \phi \operatorname{sen} t + \log \frac{1}{1-a})$$

De modo que, calculado el $\log \cot \delta \tan \phi \cos t$ o $\log a$, se halla en la Tabla 30 de Albrecht, tomando éste como argumento, el valor correspondiente de $\log \frac{1}{1-a}$, el cual se agrega a $\log \cot \delta \sec \phi \operatorname{sen} t$, con lo que se tiene el $\log \tan a_s$ o su igual $\log \tan a_n$, i de aquí a_s o a_n .

La fórmula (1) puede calcularse tomándola tal como está o transformándola para poder aplicarle mas directamente el cálculo logarítmico. Esta transformacion se reduce a lo siguiente:

$$\left. \begin{aligned} \tan N &= \frac{\tan \delta}{\cos t} \\ \tan a_s = \tan a_n &= \frac{\tan t \cos N}{\operatorname{sen}(\phi - N)} \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

Cuando se trate del Sol, o de una estrella que no sea circumpolar, es preferible talvez calcular su azimut con las fórmulas que vienen a continuacion, las que se obtienen aplicando las analogías de Néper al triángulo de posicion:

Dichas fórmulas son:

$$\left. \begin{aligned} \tan \frac{1}{2}(a_s - q) &= \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2}(\phi + \delta)}{\cos \frac{1}{2}(\phi - \delta)} \tan \frac{1}{2} t \\ \tan \frac{1}{2}(a_s + q) &= \frac{\cos \frac{1}{2}(\phi + \delta)}{\operatorname{sen} \frac{1}{2}(\phi - \delta)} \tan \frac{1}{2} t \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

Damos en seguida *tres modelos de cálculos* con aplicaciones prácticas de los tres grupos de fórmulas indicados anteriormente.

El rigor con que se calcule la fórmula (1), i lo mismo las del grupo (3), dependerá de la aproximacion con que se desee o se necesite conocer el azimut. Porque no debe procederse lo mismo cuando se trata de trabajos topográficos, en los que hai que llegar al minuto o su décima, que si nos proponemos hallar el azimut de una direccion terrestre en un vértice geo-

décimo de primer orden, donde hai que apurar hasta la centésima de segundo, aunque no sea mas que para tratar de asegurar la décima.

En este último caso, se presentará la necesidad de apelar a *las fórmulas diferenciales*, que no sólo sirven para estudiar i analizar la precision del cálculo del azimut por las fórmulas (1), (2) i (3), sino tambien para hallar las correcciones que hai que hacer a un azimut por conocidos errores o ulteriores variaciones en las coordenadas de la estrella, o por pequeñas diferencias de latitud.

Empero, al tratar de la precision en la medida del azimut, por la consideracion de las fórmulas diferenciales, nos veríamos obligados a penetrar en un terreno mucho mas escabroso del que hasta ahora hemos seguido, i ajeno, hasta cierto punto, a la índole de esta monografía.

Así, pues, con lo espuesto creemos haber discutido ampliamente *el problema del azimut de un astro*, bajo su aspecto mas práctico i mas sencillo.

ISMAEL GAJARDO REYES.

Observatorio Astronómico Nacional, Juéves, 24 de Noviembre de 1921.

- n° 1 -

Calculo del acimut de α Centauro, el Lunes 24 de Octubre de 1921 a las 8^h 58^m 31^s,55 de la tarde en Santiago, por la fórmula abreviada del astrónomo español Puente.

Fórmula

$$\tan \alpha_0 = \tan \alpha_1 = - \frac{\text{cat} \delta \sec \varphi \text{ sent}}{1 - \text{cat} \delta \tan \varphi \text{ cost}}$$

y designando

cat $\delta \tan \varphi \text{ cost}$ por a

la fórmula, tomando logaritmos, de:

$$\log \tan \alpha_0 = \log \tan \alpha_1 = - (\log \text{cat} \delta \sec \varphi + \log \frac{1}{1-a})$$

en la que el término $\log \frac{1}{1-a}$ se obtiene por la Tabla 30 de Albrecht (geodesta alemán); pero, en todo caso, se calcula muy fácilmente, si no se posee esta tabla, del modo siguiente:

Cálculo

$\log \text{cat} \delta = 9,75245 \text{ n}$	$\log \text{cat} \delta = 9,75245 \text{ n}$
$\log \sec \varphi = 0,07882$	$\log \tan \varphi = 9,81998 \text{ n}$
$\log \text{sent} = 9,89088$	$\log \text{cost} = 9,79862 \text{ n}$
$\log \text{cat} \delta \sec \varphi \text{ sent} = 9,72175 \text{ n}$	$\log a = 9,57095 \text{ n}$
$- \log \text{cat} \delta \sec \varphi \text{ sent} = 9,72175$	$a = -0,25494$
$\log (1-a) = 0,09164$	$1-a = 1,25494$
$\log \tan \alpha_0 = 9,63011$	$\log (1-a) = 0,09164$
$\alpha_0 = 525^{\circ} 6' 27'' 0$	$\text{colog} (1-a) = 9,90836$

T. 30
de Albrecht $\left\{ \log \frac{1}{1-a} = 9,90836 \right.$

Edo. - Ismael Gajardo -

- N° 2 -

Calculo del acimut y altura de α Centauro,
el Lunes 24 de Octubre de 1921 a las 8^h 58^m
31^s.53 de la tarde en Santiago, por las fórmulas
logarítmicas del astrónomo Campbell.

Fórmulas

$$\tan N = \frac{\tan \delta}{\cos L}$$

$$\tan A = \frac{\tan \delta \cos N}{\sin(\varphi - N)}$$

$$\tan Z = \frac{\tan(\varphi - N)}{\cos A}$$

Fórmula de comprobación

$$0 = \cos \delta \operatorname{sen} \delta \operatorname{sen} A \operatorname{cosec} Z$$

$$\delta = 60^{\circ} 30' 38''$$

$$L = 129^{\circ} 58' 21,6''$$

$$\tan \delta = 0,24755 \text{ m}$$

$$\cos L = 9,79982 \text{ m}$$

$$\tan N = 0,44893$$

$$N = 70^{\circ} 25' 12''$$

$$\varphi = 33^{\circ} 26' 42''$$

$$\varphi - N = 103^{\circ} 51' 54''$$

$$\tan \delta = 0,09206 \text{ m}$$

$$\cos N = 9,52521$$

$$\operatorname{cosec}(\varphi - N) = 0,01285 \text{ m}$$

$$\tan A = 9,45012$$

$$A_3 = 25^{\circ} 6' 29''$$

$$A_3 = \underline{525^{\circ} 6' 29'' 0}$$

Calculo $\tan(\varphi - N) = 0,00781$

$$\cos A = 9,96569$$

$$\tan Z = 0,64395$$

$$Z = 77^{\circ} 12' 34''$$

$$h = \underline{12^{\circ} 41' 26''}$$

Comprobación

$$\cos \delta = 9,63220$$

$$\operatorname{sen} \delta = 9,89069$$

$$\operatorname{cosec} A = 0,40620$$

$$\operatorname{cosec} Z = 0,01091$$

$$\underline{9,99999}$$

Fdo - Ismael Gojardo -

— N° 3 —
~~11~~

Cálculo del acimut del Sol, el Miércoles
9 de Noviembre de 1921 a las cuatro
de la tarde en Santiago

Fórmulas recomendadas por el astrónomo
Puenta.

$$\tan \frac{1}{2} (a_2 - q) = \frac{\sin \frac{1}{2} (\varphi + \delta)}{\cos \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \tan \frac{1}{2} t$$

$$\tan \frac{1}{2} (a_2 + q) = \frac{\cos \frac{1}{2} (\varphi + \delta)}{\sin \frac{1}{2} (\varphi - \delta)} \tan \frac{1}{2} t$$

Cálculo

$\varphi = -33^{\circ} 26' 42''$	Hora local
$\delta = -16^{\circ} 53' 47,7''$	astronómico = $4^{\circ} 0'' 0''$
$\varphi + \delta = -50^{\circ} 20' 29,7''$	Ecuador de tiempo = $-16^{\circ} 53,97''$
$\varphi - \delta = -16^{\circ} 32' 54,3''$	$t = 4^{\text{h}} 16^{\text{m}} 59,7^{\text{s}}$
$\frac{1}{2} (\varphi + \delta) = -25^{\circ} 10' 14,85''$	$t = 64^{\circ} 0' 59,55''$
$\frac{1}{2} (\varphi - \delta) = -8^{\circ} 16' 27,15''$	$\frac{1}{2} t = 32^{\circ} 0' 29,78''$
$\log \sin \frac{1}{2} (\varphi + \delta) = 9,62871 \text{ n}$	$\log \cos \frac{1}{2} (\varphi + \delta) = 9,95667$
$\log \tan \frac{1}{2} t = 9,79593$	$\log \tan \frac{1}{2} t = 9,79593$
$\log \sec \frac{1}{2} (\varphi - \delta) = 0,00455$	$\log \cos \frac{1}{2} (\varphi - \delta) = 0,88191 \text{ n}$
$\log \tan \frac{1}{2} (a_2 - q) = 9,42919 \text{ n}$	$\log \tan \frac{1}{2} (a_2 + q) = 0,59451 \text{ n}$
$\frac{1}{2} (a_2 - q) = -15^{\circ} 2' 10''$	$\frac{1}{2} (a_2 + q) = -75^{\circ} 45' 39''$
$a_2 = -90^{\circ} 45' 54'' = \underline{S 89^{\circ} 11' 6'' O}$	
$q = +60^{\circ} 41' 20''$	

Fdo - Ismael Gajardo -
Obs. Astronómico Nacional
Miércoles, 9 de Nov de 1921

Lo que costó la huelga de los mineros ingleses

Es imposible calcular exactamente las pérdidas causadas al Reino Unido por la huelga de los mineros de las minas de carbon, porque todas las industrias sufrieron mas o ménos. El carbon es uno de los factores principales de la prosperidad industrial en todos los paises.

Jeneralmente hai fluctuaciones considerables en la produccion, en los precios de venta i en la calidad del carbon, así como en la demanda. El precio del carbon para la esportacion cambia con los diferentes mercados i la calidad del carbon esportado, depende de contratos hechos de tiempo a tiempo i puede ser mui alto en un mes i bajo en el próximo.

La produccion del carbon terminó en Gran Bretaña el 1.º de Abril último. En el mes de Marzo se produjeron 17.400,000 de toneladas de carbon de todas clases; esto representa una produccion semanal de 4.350,000 toneladas; de manera que se causó una pérdida de 52.200,000 toneladas durante las doce semanas de huelga.

En el mes de Marzo el carbon esportado i el destinado para carboneras de vapores sumó 3.024,083 toneladas o 50% del así consumido ántes de la guerra. Esta paralización de la esportacion representa una pérdida de millones de libras i aun mas, ha presentado a los comerciantes de carbon de los Estados Unidos la oportunidad de invadir los mercados extranjeros i en varios casos han logrado hacer contratos que les aseguran la posesion de ciertos mercados por muchos años.

En cuanto a las minas mismas el abandono que sufrieron causó en muchos casos serios perjuicios, cuya reparacion costará cientos de miles de libras.

Los mineros perdieron en salarios £ 3.125,000 por semana o sea 37 millones 500,000 libras durante las doce semanas de huelga.

En cuanto a las pérdidas sufridas por las industrias en jeneral, puede decirse que ellas fueron enormes; solamente las fundiciones de hierro i acero perdieron cerca de £ 19.000,000.

El comercio marítimo, que depende del carbon para las carboneras de los vapores, ademas del carbon esportado, ofreciendo cargamentos productivos en vez de los no remunerativos de los de lastres, ha sido uno de los factores principales de la baja de los precios; pero vapores que salen en lastre, están obligados a exigir un doble flete de regreso que causa el alza de los productos importados.

Los gastos causados al Gobierno se calculan así:

Aumento de empleados.....	£	1.000,000
Mantencion de voluntarios.....		2.295,000
Organización preventiva.....		6.310,700
Déficit de los ferrocarriles.....		9.000,000
		<hr/>
TOTAL.....	£	18.605,700

La pérdida total se calcula en £ 250.000,000. Esta enorme pérdida, además del desprestijio causado en todo el mundo, dependió principalmente de la dificultad de normalizar la vida económica, después del alza artificial de los salarios durante la guerra. La competencia exige la reducción de los gastos de producción i es necesario reducir los salarios, que es el factor principal de dichos gastos; pero los mineros, lo mismo que los obreros en todas las demás industrias, rehusan aceptar las nuevas condiciones después de la guerra. El restablecimiento del curso normal económico será gradual. La armonía de los intereses del trabajo i el capital prevalecerá i el Imperio Británico, tarde o temprano, recuperará su preeminencia industrial, comercial i económica, en beneficio propio i en el del bienestar del mundo.

(Fdo).—A. ALDANA, Cónsul de Chile.

Port Talbot, Julio 19 de 1921.



La jeología de la rejion comprendida entre los ríos Cautín, Cholchol i Quíllen en la provincia de Cautín, i los yacimientos de carbon antracitosos de Nielol

Por el

Dr. Carlos H. Fritzsche

Jeólogo del Ministerio de Industria i Obras Públicas

I PARTE

JEOLOGIA JENERAL

SITUACION I CONDICIONES JEOGRÁFICAS

La rejion cuyo reconocimiento practiqué durante los meses de Abril i Mayo del presente año en lo que se refiere a su composicion jeológica, a las expectativas comerciales que pudiese ofrecer, se estiende entre los rios Cautín, Quíllen i Cholchol, en la provincia de Cautín i está encuadrada por las poblaciones de Lautaro, Temuco, Nueva Imperial, Cholchol i Galvarino.

Importancia especial se dió a la investigacion de una parte de esa rejion que indicaba la presencia de carbon antracitoso. Esta parte es la que se conoce con el nombre de comarca Nielol-Huimpil, arranca en el curso superior del estero Rapa i en el estero Chacayrocum i se estiende hácia el oeste hasta el estero Lifquentúe. La rejion restante se conoció sólo en cuanto convenia a la determinacion de la estension de la formacion carbonífera i de su situacion tectónica.

Todo el terreno es montañoso i está dominado por la cadena de cerros Nielol. Esta cadena arranca desde el fundo Fontanaz, a la orilla el rio Quíllen, cerca de 15 Km. al oeste de la poblacion del mismo nombre i se ramifica, se ensancha i corre en direccion S.SO. a unos 10 Km. al O. de Lautaro, acercándose a la línea del lonjitudinal, la que bordea en su continuacion hasta Temuco. A unos 20 Km. al NO. de Temuco el cordón de cerros Portahue, cuya altura es poco menor que la de Nielol, converge a esta cadena cortándole en ángulo agudo.

Entre estas dos cadenas converjentes está situada la comarca Huimpil-Nielol, que se estiende ensanchándose hácia el NO. i en la que afloran mantos de antracita. Esta comarca Nielol-Huimpil se presenta suave e irregularmente ondulada i cruzada de S. a N. i de E. a O. por numerosos arroyos. A partir del estero Lifquentúe que limita la comarca hácia el O., el terreno se estiende en la misma direccion bajo la forma de una meseta pronunciada, atravesada solamente por algunos esteros, i alcanza hasta el valle del rio Cholchol. Este valle que hácia el N. i el S. de la poblacion Cholchol toma un ancho de mas de 10 Km. queda limitado por el lado O. por la cordillera de la Costa.

La mayor parte de este territorio está destinado a la agricultura. Los cordones de cerros Nielol i Portahue i sus ramificaciones son boscosas. Hai abundancia de agua ya que son numerosos los esteros i arroyos que cruzan la rejion. Los habitantes son en su gran mayoría indíjenas.

JEOLOGÍA DEL TERRENO

El terreno está compuesto de capas de distintas formaciones, que desde las mas nuevas hasta las mas antiguas son las siguientes:

- 1.º Esquistos micáceos de la Cordillera de la Costa.
- 2.º *Triásico (Rélico)*, (*Capas de Nielol*).—Grauwacas, areniscas, arcosas, i conglomerados de cuarzo, esquistos con mantos de carbon antracitoso.
- 3.º *Mesozoico*.—Porfiritas.
- 4.º *Terciario*.—Areniscas de estratificacion cruzada i arcillas esquistosas con mantos de carbon.
- 5.º *Diluvium*.—Rodados i conglomerados del valle Lonjitudinal. Morainas alternadas con tobas, areniscas fosilíferas, conglomerados i arcillas.
- 6.º *Aluvium*.—Rodados i arenas (Aluviones).

En lo que sigue se describen cada una de estas 6 formaciones con indicacion de su estension i los puntos en que afloran.

LAS MICAS ESQUISTOSAS

Ellas constituyen las micas esquistas típicas de la Cordillera de la Costa i forman el límite O. del terreno explorado. Se encuentran al O. de una línea que arranca a la altura de Nueva Imperial en direccion de S. a N. i pasa a unos 4 Km. al O. de Galvarino. En esta parte, a orillas del rio Quillen, son fácilmente observables en grande estension, desde el balseo cerca de las casas Trahuenquillen, en cuyas inmediaciones el terciario se justa-

pone a lo largo de una falda a las micas esquistas, hasta las rucas de Antonio Conejero. Su rumbo es N. 75° E. A unos 10 Km. al O. de la embocadura del estero Pitracó con el Cholchol i de la población del mismo nombre corren en dirección N. S. hasta formar a la altura de Nueva Imperial, en el ángulo NO. del curso del Cholchol la ribera derecha de este río, sirviéndoles poco al N. de este punto de límite al estero Curaco.

EL TRIÁSICO O LAS CAPAS CARBONÍFERAS DE NIELOL

Descripción de las rocas de esta formación

Las capas que siguen en antigüedad a las anteriores son las capas de Nielol denominadas así por aflorar en grande estension en este distrito, están compuestas de grauwacas, conglomerados, esquistas i mantos de carbon.

I. LAS GRAUWACAS I CONGLOMERADOS

Las grauwacas constituyen la mayor parte de esta formación. Se componen de partículas de cuarzo, de feldespato, de mica i de otras partículas mas oscuras que se presentan en forma de pequeñas granulaciones negras diseminadas sobre la masa total. A la observación del microscopio el feldespato aparece bajo dos formas distintas, como ortoclásico o plajiclásico. Las granulaciones negras son en partes silicatos descompuestos de fierro i magnesia. De vez en cuando se pueden observar contornos de piroxena. La mica (Muscovita) se encuentra frecuentemente; i ademas agregados oscuros de carácter clorítico. El matriz está formado en parte de cuarzo i en partes de sustancias cloríticas. El tamaño de los granos es variable. La roca se encuentra con mayor frecuencia en una grauwaca de grano medio que se presenta en forma de bancos sin estratificación mui marcada. Por otra parte puede aparecer una estructura lenticular esquistosa. Cuando la roca es de grano fino, la estratificación se hace mas notable i resalta aun mas debido a las hojitas de mica que hai sobre los planos de estratificación. A la inversa las grauwacas de grano medio conducen a rocas de grano mui grueso i hasta en verdaderos conglomerados de cuarzo que pueden acusar espesores de 20 o mas metros. Es característica de una roca que se presenta entre la grauwaca i el conglomerado i que teniendo todas las cualidades, ésta lleva algunos rodados de cuarzo hasta de 1 cm. de espesor. Restos de plantas fósiles carbonizadas se encuentran con alguna frecuencia en las grauwacas i en los conglomerados no es raro observar mantitos aislados de carbon de 1 cm. de espesor. Frecuentemente existen dentro de las

grauwacas capas ferruginosas, ya sea bajo la forma de óxido de fierro que infiltran completamente capas algo arcillosas de la grauwaca, ya sea en forma de esferosideritas.

La coloracion de las grauwacas es cuando se trata de rocas frescas gris-azuladas en la mayoría de los casos. La accion oxidante de los agentes exteriores da a esta roca una coloracion amarilla pardusca, coloracion que se manifiesta a veces sólo en una costra de 1 cm. de espesor i que tambien puede tomar toda la roca especialmente cuando está bien estratificada.

No ya como grauwaca sino que como arenisca arcillosa de estructura esquistosa debe considerarse una roca de esta formacion, que se presenta en granos finos i de coloracion oscura, jeneralmente gris negra. Ella forma precisamente la transicion a las verdaderas.

LAS ESQUISTAS ARCILLOSAS DE LA FORMACION DE NIELOL

Estas capas de esquistas tienen un espesor variable entre pocos metros hasta 20 i 30 m. i aparecen separadas por las grauwacas i los conglomera-dos a distancias de 5 hasta 200 metros. Se pueden observar 5 distintas clases de estas esquistas:

1) Arcillas duras de estructura lenticular con fractura astillosa i con ausencia de estratificacion.

2) Pizarras duras con clivaje perfecto. En ellas se encuentran las mas perfectas impresiones de plantas fósiles.

3) Pizarras arenosas con numerosos fósiles vegetales.

4) Pizarras relativamente blandas finamente laminadas i estraordinariamente ricas en restos de plantas fósiles.

5) Pizarras negras con numerosas capitas de carbon de 1 mm. a 1 cm. de espesor que forman las denominadas pizarras carbonosas.

MANTOS DE CARBON

Fuera de estas pizarras carbonosas pero de algun parentesco jenético con éstas existen en la formacion de Nielol verdaderos mantos de carbon con intercalaciones pizarrosas. El techo i el piso de estos mantos están formados en la mayoría de los casos de esquistos. El espesor en que se presentan varia entre 10 i 70 cm.

En capítulo aparte se tratará mas detenidamente de estos mantos.

CONDICIONES TECTÓNICAS DE LA FORMACION DE NIELOL

Es de notar que las capas de esta formacion acusan un manteo variable entre 5° i 50°, dirigidos hácia el S. i SE. en todas aquellas partes en que afloran, es decir desde las riberas del rio Quillen por el N. hasta el estero Rapa por el S., en una estension de 9 Km. Su rumbo es de O.-E. hasta NO-SE. Por el hecho de la variabilidad del manteo de las diferentes capas se deduce que ellas no se presentan justapuestas con regularidad. Por el contrario, es de admitir que la justaposicion de las capas está estorbada por fallas longitudinales. La presencia repetida de los mismos bancos de conglomerados, grauwacas i pizarras vienen en abono de esta consideracion. Debido a estas fallas longitudinales las capas de Nielol interrumpidas de trecho en trecho, han sido desplazadas de su orientacion primitiva a niveles mas elevados, de tal modo que en una estension grande en comparacion a su espesor han llegado a constituir en cierto modo la superficie del terreno.

EDAD DE LA FORMACION DE NIELOL

La edad jeológica de esta formacion se puede determinar con suficiente seguridad. En efecto la existencia de numerosos restos fósiles de plantas en las pizarras de la formacion permiten atribuirle a ella la misma edad que la del triásico superior i mas exactamente la del rético. Entre las especies de plantas fósiles es característica la hoja denominada *Linguifolium Steinmanni* Solms (1), que se encuentra con mayor frecuencia especialmente en las pizarras finamente laminadas. Esta misma forma *Linguifolium Steinmanni* Solms se encuentra tambien en capas que afloran en el valle del Bio-Bio, cerca de Gomeró i Talcamávida (2), capas que ademas tienen semejanza a las de Nielol en su composicion petrográfica. Otro punto en el territorio de la República en que se conoce este mismo fósil es la Ternera (3), en la provincia de Atacama, que tiene importancia e interes es-

(1) Descrito en la publicacion de Solms-Laubach i G. Steinmann *Das Kaftreten und die Flora der rhaetischen Kohlschichten von La Ternera*. Chile. Neues Jahrb. f. Mineralog. 1899. Beilage Bd. 12 p. 581-609. Tabla 13-14.

(2) Estas capas de Gomeró i Talcamávida por el Dr. Felsch en el informe del Dr. Bruggen sobre las esploraciones jeológicas de la rejion Carbonífera del Sur de Chile.—*Bol. Soc. Nac. de Minería*. Santiago 1913. p. 15-18.

(3) Bruggen I. Informe sobre el carbon de la Ternera (Copiapó). *Bol. Soc. Nac. de Minería*. 1917. p. 486-496.

pecial es la circunstancia de que esta especie de hoja fósil existe fuera de este continente, en Nueva Zelandia i Australia, en capas que han resultado ser de la formacion Rética. En el año 1917 el sabio Arbera publicó la descripción de esta hoja fósil característica, junto con las de otros fósiles mas (1).

JÉNESIS DE LA FORMACION

Las capas de Nielol deben considerarse como de formacion continental. El carbon que contiene es por consiguiente de oríjen límnic, es decir, formado en grandes pantanos de turba sobre la tierra firme i no en el litoral como los carbones parálico. De manera parecida se han formado los carbones de Baja Silesia, de Sajonia, Bohemia i de la meseta central de Francia. La admision de esta hipótesis de un oríjen límnic del carbon de Nielol está reforzada por un lado en la ausencia de fósiles marinos en las pizarras i las grauwas de la formacion de Nielol i por otro lado en la estructura gruesa de las grauwas i en su contenido en partículas no descompuestas, como el feldespató, lo que no hace probable un trasporte a larga distancia. Además los enormes bancos de conglomerados son una característica de las cuencas de carbon de oríjen límnic. Ellos representan formaciones deltarias en los estuarios de rios de mucha pendiente e indican la cercanía de montañas grandes contemporáneas con la formacion de las capas de Nielol. Finalmente el perfil irregular de los distintos mantos, la variacion en el número i en el espesor de las intercalaciones pizarrosas son indicios de la existencia de carbon de oríjen límnic.

Mas difícil de determinar es la cuestion referente al modo de formacion del carbon, es decir, si ella es de naturaleza autoctónica o alloctónica. En el primer caso el carbon se ha formado de materiales vegetales que se han desarrollado en los mismos puntos en que hoy se encuentran los mantos de carbon i en el segundo de materiales vegetales que han crecido en otras partes i que han sido trasportados por las aguas a aquellos puntos en que hoy existe el carbon de esta formacion. El oríjen alloctónico del carbon tiene un punto de apoyo en la alta lei en cenizas, en la existencia de pizarras carbonosas i en la mezcla irregular de sustancias de naturaleza primitivamente vegetales i fangosas. En cambio la formacion autoctónica de este carbon, encuentra justificacion en la existencia de numerosas i bien conservados restos de plantas en el piso i en el techo i a veces en capas intercaladas de los mantos. Si hubiese habido un trasporte a larga distancia las hojas debieron haberse destruido i sus fragmentos reducidos a pequeñas partículas del tamaño del afrecho. De acuerdo con esta hipótesis las inter-

(1) Newell Arbert. The earlier mesozoic Floras of New Zealand. New Zealand Geological Survey, Pal. Bull N.º 6. Wellington 1917.

calaciones pizarrosas son consideradas como formadas de material fangoso que ha sido arrastrado por inundaciones i por la accion del viento. Experiencias posteriores sobre el comportamiento de los mantos de Nielol en el sentido de su rumbo i su manteo vendrán a dar mayor luz en la explicacion definitiva de esta cuestion.

RELACIONES PALEOJEGRÁFICAS DE LA FORMACION DE NIELOL

El Rético de la rejion del valle del Bio-Bio i de la Ternera debe considerarse tambien como de formacion continental. Tendriamos entónces el hecho singular e interesante de encontrar simultáneamente en Australia, Nueva Zelandia i Chile formaciones continentales del período Rético, petrográficamente parecidos i que se distinguen por la presencia de varias formas de plantas de la misma especie, especialmente de la *Linguifolium Steinmanni* Solms i otras del mismo jénero, como por ejemplo la *Feistmanteli* Ethersp., *Lilleanum* Arbers. Partiendo del exámen de muestras tomadas del Rético en el valle del Bio-Bio, discute el sabio Steinmann esta coincidencia interesante en un trabajo recién publicado en el cual deduce algunas conclusiones paleojeográficas. Para explicar la existencia simultánea de las especies *Linguifolium* en las partes que se han indicado es necesario admitir una continuidad territorial entre Chile, Nueva Zelandia i Australia en el período Rético, es decir, la existencia de un continente en el cual pudieron formarse las capas réticas anteriormente mencionadas i sobre el cual pudo tambien estenderse una flora de especies similares. Actualmente solo en Chile, Nueva Zelandia i Australia existen todavía vestijios de ese continente Rético, cuyas partes restantes son desconocidas o están cubiertas por el Océano Pacífico. La proximidad entre Nueva Zelandia i Australia no hace difícil la hipótesis de que en épocas pasadas hayan formado parte de un mismo continente. Chile está separado por la línea de mínima lonjitud en cerca de 6,000 Km. de Nueva Zelandia. La continuidad territorial rética entre estos dos países puede ser imaginable a traves del Océano Pacífico ya sea en la direccion de la mínima distancia, ya sea por sobre el Antártico a lo largo de un arco cuyo desarrollo es en un tercio mayor que la anterior.

Steinmann admite una tercera posibilidad en el sentido que en el período de que se trata el continente Antártico se hubiera estendido hácia el N. en una posicion que corresponderia en los tiempos actuales al área S. del Pacífico, hipótesis que puede considerarse de carácter intermedio entre las dos ya enumeradas. Cual de ellas es la que está mas de acuerdo con la realidad, es bien difícil de determinar. La hipótesis de una continuidad territorial por sobre el Antártico parece ser la mas aceptable, dada la distri-

bucion actual de mares i continentes. Otros puntos de apoyo para esta hipótesis podrian constituirlos los descubrimientos de capas réticas terrestres en el S. de Chile i en el Atlántico. Por otro lado no ofrecen inconvenientes serios el que se admita una continuidad territorial a traves del Océano Pacífico, ya que antiguas fracciones del continente Gondwana que en el período pérmico se estendia desde América del Sur hasta Africa i la India, estan hoi reemplazadas por considerables áreas oceánicas, como el Atlántico Sur i el Océano Indico.

ESTENSION DE LA FORMACION DE NIELOL DENTRO DEL ÁREA ESPLORADA

Esta formacion puede observarse principalmente dentro de un espacio cuyos límites N. i O. están formados por el estero Nielol, denominado tambien Lifquentúe i Ranquil. Hacia el E. se estiende hasta el otro lado del estero Chacayrocum i hacia el S. hasta el curso superior del estero Rapa.

La observacion de los afloramientos de la roca misma está entrabada por capas de aluviano i diluviano dilatadas, pero los lechos de los esteros ofrecen buenos puntos de observacion aunque dificilmente accesibles. El perfil que presenta el estero Coyimhue es típico, su descripcion detallada la haremos en el párrafo siguiente:

Perfil observable en el estero Coyimhue de N. a S.:

Techo: 25 m. Grauwas.

Esquistos arcillosos gris negro con laminitas de mica, en parte pizarrosos, en parte sin estratificacion.

200 m. Grauwas azules de grano medio en parte con rodados de cuarzo hasta 1 cm. de grueso,

Rumbo S. 15.30° E.

Manteo 12.20° S.O.

10-15 m. Zona de pizarras de los socavones 3 i 4, constituidos parcialmente por esquistos finamente laminados, esquistos carbonosos i esquistos de estratificacion ménos marcada.

250 m. Grauwas azules de grano medio i fino; esquistoso en parte.

25 m. Zona de pizarras. Primeramente arcilla dura sin estratificacion, en seguida esquistos finamente laminados con plantas fósiles i esquistos de estructura lenticular con impresiones de fósiles vegetales i de una concha.

100 m. Grauwas de grano medio.

Bancos de conglomerados.

Areniscas negras de grano fino algo pizarrosas con numerosas laminitas de mica.

Zona de pizarras. Análoga a la del número...

75 m. Grauwacas idénticas al techo de la zona de pizarras del socavon 4, en parte con rodados de cuarzo.

Bancos de conglomerados.

25 m. Zona de pizarras. Análoga a la del número.

Rumbo: S. 40° E.

Manteo: 50° SO.

200-300 m. Grauwacas ordinarias.

Bancos de conglomerados.

Areniscas negras de grano mui fino poco estratificadas.

Grauwacas azules de grano medio con bancos de conglomerados.

Rumbo: S. 40° E. i S. 30° E.

Manteo: 50° SO. i 40° SO.

100 m. (?)

15.20 m. Zona de pizarras en parte de estructura lenticular i fácilmente desagregable, en parte finamente laminadas.

Rumbo: S. 40° E.

Manteo: 25° SO.

Grauwacas ordinarias.

Areniscas negras de grano fino, de estratificacion cruzada i con restos de plantas fósiles. Forman la transicion a areniscas arcillosas poco ménos estratificadas, de grano fino i a la

5 m. Zona de pizarras que se compone de esquistos duros sin laminacion fina.

100.150 m. Grauwacas de grano medio hasta grueso en un principio en seguida de grano medio i de coloracion azul i finalmente de grano fino i de estratificacion bien marcada con restos de plantas carbonosas.

Bancos de conglomerados.

Grauwacas ordinarias.

Areniscas negras de grano fino.

Grauwacas ordinarias.

Un perfil similar se encuentra en los esteros Chacayrocum i Huimpil, es decir grauwacas, areniscas i conglomerados alternados con zonas de pizarras.

Buenos puntos de observacion existen ademas sobre el lomaje que se desarrolla a lo largo de la ribera E. del estero Chacayrocum, por ejemplo, al NE. i al N. de la ruca de José Veñaldo. Otros puntos quedan localizados en el faldeo de las inmediaciones de la confluencia de los esteros Chacayrocum i Huimpil. En el faldeo E. que arranca del estero corre un camino que conduce a este faldeo en donde se encuentran en una estension de 200 metros los afloramientos de una serie de capas de grauwacas de grano fino

i medio con 4 zonas de pizarras de reducidos espesores. El rumbo de estas capas i los manteos respectivos son los siguientes:

S. 80° O. i 40° S.

N. O. i 30° S.

S. 80° O. i 35° S.

N. 86° O. i 32° S.

300 m. al NO. del faldeo donde el estero Coyimhue desemboca en el espacioso valle de Nielol aflora una zona de grauwacas de unos 70 m. de espesor i cuyo rumbo i manteo son N. 85° O. i 45° S. Estas rocas se presentan en partes en bancos gruesos de 20-30 cm. de espesor i en bancos finos de estratificación bien marcada. 50 m. mas al N. de esta zona, ya dentro del valle Nielol, aparecen conglomerados gruesos. Al otro lado del valle, frente a la roca de Sejel Cariqueo, en la orilla derecha del estero i en el talud del camino que conduce a esta ruca, aflora una zona de pizarras que se compone en partes de esquistos carbonosos.

Sólo en el estero Lifquentúe (denominación de parte del curso del estero Nielol) i precisamente entre las rucas de Rufino Marilef, Thomas Mora i del cacique Paillal vuelven a encontrarse afloramientos de la formación de Nielol. En esta parte alternan grauwacas parcialmente ferruginosas con 10 estratas de pizarras de las cuales varias llevan mantos de carbon. El manteo varia aquí entre 25 i 40° S.

Al S. de la ruca Mora desemboca en el Lifquentúe un estero que viniendo del E. corre a lo largo del faldeo N. del cerro Quilon Mahuide. En el faldeo E. de este cerro se desarrolla otro estero en dirección NS. i en cuya orilla O. afloran grauwacas que en parte llevan concreciones de esferosideritas, i pizarras de varias clases. Hacia el O. a unos 150 m. corre paralela mente el estero Challagura que confluye mas abajo con el anterior. En el curso superior del Challagura afloran primeramente grauwacas i a continuación, a unos 30 m., conglomerados seguidos nuevamente de capas de la primera roca, que hacia aguas abajo del estero encierran estratas de pizarras contiguas parcialmente de esquistos con numerosos fósiles vegetales finamente laminados i de las que ya se ha hecho mencion en otra parte de este informe.

La serie de capas que afloran en esta parte está fraccionada por fallas transversales, especialmente aguas arriba del faldeo. El rumbo varia aquí de 90° en poca distancia i el manteo entre 20 i 30°.

Al E. del estero Challagura en un punto S. al sondaje Marilef, se desarrolla un tercer estero en dirección S. en el cual afloran grauwacas, conglomerados i nuevamente rocas de la primera clase con rumbo i manteo E.-O. i de 30° S. respectivamente. Numerosos rodados de cuarzo en los faldeos de los lomajes en el curso inferior del estero, indican una repeticion de los bancos

de conglomerados i los fragmentos aislados de pizarras, la existencia de estratos de este material con esquistos finamente laminados.

A partir de este estero en direccion SE. dentro de la reserva territorial del cacique Colihuinca queda situado un socavon que cruzan trasversalmente bajo una orientacion de N. 20° E. las grauwasas cuyo rumbo i manteo son en esta parte O.-E. hasta N. 60° O. i 10 a 15° S., respectivamente. Entre los desmontes de este socavon se encuentran fragmentos de esquistos carbonosos i pequeñas partículas de carbon.

Cerca de 3 Km. mas al SE. queda situado el curso superior del estero Rapa con sus numerosos afluentes. En las inmediaciones de los caseríos Millahuel i aguas arriba de este punto aflora un perfil de grauwasas, pizarras i conglomerados con un rumbo N. 60° O. i un manteo de 15° SO. Entre este estero i los caseríos del cacique Chenquelaf afloran sólo en limitadas partes las grauwasas de la formacion Nielol, como por ejemplo, cerca de un socavon denominado Santa María cuyos desmontes dan fe de la existencia de esquistos carbonosos.

Al N. del distrito Nielol-Huimpil encerrado entre los esteros Chacayrocum, Nielol i Rapa se encuentran otros afloramientos mas. El mas estenso está situado a ámbos lados del rio Quillen dentro del fundo de don Alberto Fontanaz. En esta parte del rio Quillen ha desgastado la roca escavando profundamente en una estension de 1,5 Km. en la formacion de Nielol. Los taludes muy escarpados de las riberas i que alcanzan hasta 50 m. de altura están formados principalmente de gruesos bancos de conglomerados. Hai ademas afloramientos de grauwasas i otros de esquistos carbonosos observables en el techo de un arroyo que llega desde el S. Los conglomerados alternan irregularmente con bancos de grauwasas de 1 a 2 m. de espesor, enclavados en ellos por transicion paulatina. El rumbo tiende a orientarse mas desde E. O. hácia O. SO., así, por ejemplo, pude sucesivamente medir S. 75° O. E., S. 80° O., N. 85° O. El manteo está dirijido bajo un ángulo de 15 a 23° hácia el S.

La zona entre el rio Quillen i el distrito Nielol-Huimpil está cubierta de conglomerados porfíricos, de porfiritas propiamente dichas i estensas capas de productos desagregados. En 3 puntos determinados de esta zona encontré tambien afloramientos de la formacion de Nielol. En efecto, un poco al N. de los caseríos del cacique Ignacio Melin, en el corte de un camino que conduce al fundo de Fontanaz, aparecen en una estension de 20 m., pizarras de estructura lenticular con concreciones de arcilla i restos de plantas fósiles. Ademas hai afloramientos débilmente pronunciados de grauwasas i pizarras al E. de la ruca de Benjamin Truan, en el Curaco, estero que arranca a la altura de los caseríos del cacique Juan Cariñe i se desarrolla no hácia el S. como el estero Nielol sino que hácia el O. Finalmente

el tercer punto de afloramiento de estas rocas se encuentra 2 Km. mas al SO. en la cercanía de la ruca Mariqueo.

LAS PORFIRITAS

En su gran mayoría las porfiritas son porfiritas de anfíbolos con estructura porfírica bien marcada. Los cristales mas grandes, incrustados a la matriz, son feldespatos del grupo de las plajioclasas i anfíbolos. Bajo el microscopio la matriz de las porfiritas se presenta en forma de pequeños i numerosos cristales plajioclásicos acompañados con sustancias cloríticas i numerosos octaedros de magnetita. Los cristales grandes plajioclásicos muestran a menudo una estructura zonal bastante marcada. Entre los componentes oscuros hai abundancia de anfíbola. La piroxena tambien se presenta, pero en cantidades relativamente reducidas.

La porfirita atraviesa las capas réticas de Nielol i como son mas antiguas que las formaciones terciarias se han formado despues que las capas réticas i con anterioridad a las terciarias i datan en consecuencia del período mesozoico.

Las porfiritas constituyen los cerros Nielol i Portahue i sus ramales, i se encuentran por consiguiente en una zona comprendida entre el rio Quillen hasta Temuco i Pillanlelbun, es decir, en la mitad oriental de la rejion explorada. Con alguna frecuencia estas rocas eruptivas están cubiertas de capas diluvianas, de rodados i de formaciones de descomposicion. Afloramientos apropiados para la buena observacion de las porfiritas se encuentran en el estero Daille desde el fundo Cerda hasta el estero Collimallin, ademas en el curso medio del estero Rapa, en el curso superior del estero Nielol desde los caseríos de Andrés Caiul hasta los de Juan Cariñe, en el rio Quillen al E. de la propiedad de Julio Truan, etc.

EL TERCIARIO

Entre Galvarino, Cholchol i Nueva Imperial, en una zona que se apoya hácia el O. en la Cordillera de la Costa, aparecen capas mas nuevas, separadas por fallas de las micas-esquistas i que se diferencian notablemente de las grauwasas réticas. Estas capas de formacion mas reciente representan el terciario de Traiguen i de Máfil, por ejemplo, i se encuentran tambien hundidas a lo largo de fallas dentro de las mica-esquistas de la Cordillera de la Costa, como por ejemplo cerca de Lumago i al N. de Carahue, en donde fueron encontrados fósiles terciarios.

El terciario en la zona de Galvarino está constituido de areniscas fácilmente desagregables i de estratificacion cruzada. Su estructura varia entre la de grano fino i grueso. Al N. i al O. de Galvarino estas areniscas están

caracterizadas por concreciones en forma helizoidal o esférica de numerosas envolturas concéntricas i de diámetros variables entre 20 i 40 cm. Como son de composición algo ferruginosa, presentan mayor dureza i consistencia que el resto de la roca.

Afloramientos fácilmente observables existen en el valle de Pelahuanco, al N. i O. de Galvarino, así, por ejemplo, al poniente del caserío Mellado i en los alrededores de la quinta Amalthusia. El río Quillen atraviesa las areniscas de este terciario i principalmente aguas arriba de los caseríos de Trahuenquillen al O. de Galvarino. Otros afloramientos quedan localizados hácia el E. de Galvarino, cerca de la quinta Bachmann i en los alrededores del fundo Galilea. En esta parte se presenta de estructura poco consistente cuando son de grano grueso o medio i mas resistente cuando son de grano fino. El rumbo de estas capas parece ser SE. i su manteo unos 15° S.

Entre Cholchol e Imperial la formacion del terciario es mas arcillosa. El perfil del terciario está constituido de areniscas poco arcillosas i de areniscas muy arcillosas i arcillas esquistosas de varias clases. Además presenta afloramientos de esquistos carbonosos. Las areniscas tienen una estratificación cruzada considerablemente marcada i están ricamente dotadas con micas. Cuanto mas arcillosas son las capas, tanto mas ricas aparecen en concreciones, de manera que las arcillas esquistosas en las que se encuentran cristales de yeso presentan una estructura lenticular. Parte de las areniscas están caracterizadas por la existencia de bancos con concreciones margánicas. En la mayor parte del terreno las capas se presentan sensiblemente horizontales bajo del débil manteo.

En la barranca del río Cholchol, dentro de los deslindes del fundo Huca-pangui, aflora un manto de carbon esquistoso de posición casi horizontal. Debido al elevado porcentaje en cenizas, es difícil atribuir algun valor comercial a este manto. El perfil observable es el siguiente: (Fig. 1).

El techo: Arenas de estratificación cruzada con intercalaciones de rodados.

50 cm. Rodados.

8 cm. Arcilla esquistosa.

40 cm. Esquisto carbonoso.

25 cm. Arcilla gris con restos vegetales.

23 cm. Esquisto carbonoso.

45 cm. Arcilla gris.

35 cm. Esquisto carbonoso.

20 cm. Arcilla gris, capa que continuaba en el momento de mi observación mas allá del nivel del río i que probablemente alterna con otras capas de esquistos carbonosos. Un manto parecido de carbon esquistoso fué localizado dentro de los límites del fundo Hodges al N. de Nueva Imperial. Tres piques construídos en este punto atravesaron este manto a una pro-

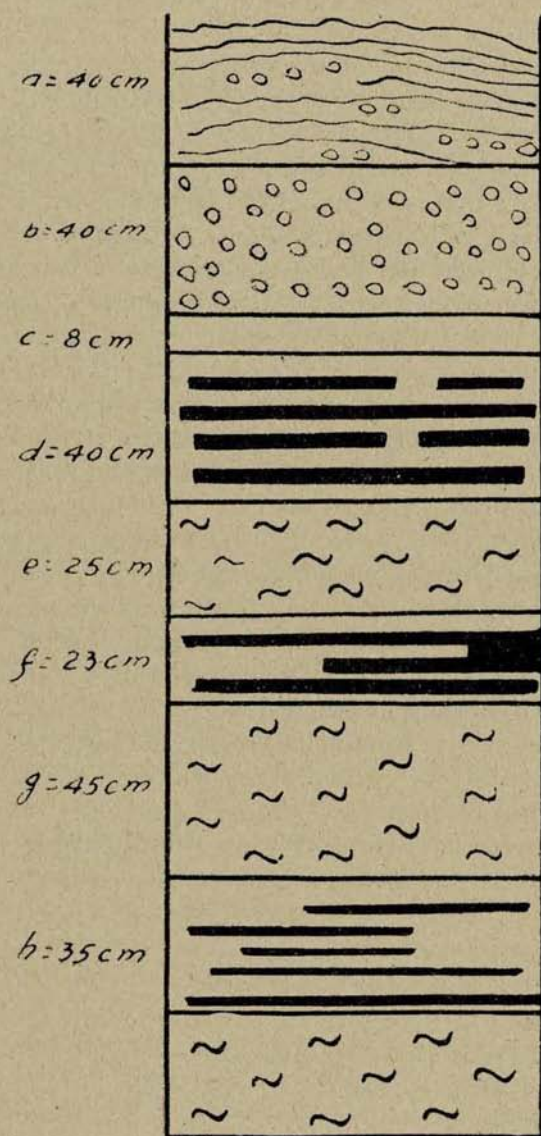


Fig 1.—Manto Thiers (Terciario)

fundidad de 5 a 8 m. debajo capas mas nuevas de arenas i rodados. Es indispensable, de todos modos, hacer sondajes hasta la base del Terciario para constatar o nó la existencia de algun otro manto.

En este Terciario los afloramientos no son mui fácilmente visibles, debido a capas de la formacion cuaternaria que los cubren i a la naturaleza arcillosa del Terciario mismo que facilita la formacion de una capa superficial descompuesta.

DILUVIUM

Mas reciente que el Terciario i cubriendo en gran parte las formaciones mas antiguas, existe otra serie de capas que puede tener un espesor de 60 o mas metros. Son formaciones de la época Glacial en cuya constitucion tiene gran importancia el material volcánico, ya sea debido a la existencia de rodados pequeños o gruesos, de andesita i de lavas andesíticas; ya sea por la agregacion de tobas volcánicas entre las cuales pueden haber tobas de piedra pómez, que aparecen tambien al estado puro. Están formados por morainas i por sedimentos de grandes lagos cuyas hoyas han sido rellenas por tobas volcánicas, por los materiales que arrastraron por los ventisqueros del período Glacial i han sido trasportados por las aguas de derretimiento de los hielos al interior de los lagos.

Segun el tamaño de los granos i segun el grado de mezcla de este material volcánico (tobas i rodados andesíticos) con arenas i arcillas se han formado las distintas rocas de esta serie.

1.º LAS MORAINAS

En una matriz fina compacta, que se compone de arcilla i toba, se encuentran numerosos fragmentos de piedras irregularmente distribuidos. Ellos son redondeados i canteados, se componen de andesita, de lavas andesíticas i porfiritas cuyos diámetros varian entre 1 i 15 cm.

2.º ARENISCAS TOBÍFERAS

Se componen en gran parte de partículas de rocas eruptivas, material tobífero, principalmente pedacitos blancos de piedra pómez mezclados con fragmentos de cuarzo, de feldespato (ortoclásico i plajioclásico) i de mica (biotita). Son fácilmente desagregables, mui porosos, de coloracion amarillo-grisáceo i mui frecuente estratificacion cruzadas.

3.º CONGLOMERADOS ANDESÍTICOS

Son análogos a las areniscas tobíferas, pero llevan rodados de rocas eruptivas.

4.º ARCILLAS TOBÍFERAS

Están compuestas de arcillas i material tobífero, que se ha depositado en forma de fango fino. Su peso específico es por su carácter poroso relativamente pequeño. Por su dureza, dan lugar a formaciones de barrancas abruptas en los faldeos de los valles. Cuando su composición es un poco mas arenosa son mas blandas i se distinguen por su estratificación notablemente pronunciada. Estas arcillas son fácilmente observables en el valle del estero Lifquentúe al N. i al S. de los caseríos del cacique Lepilaf i ademas en los faldeos del estero Pichireñi i a la orilla izquierda del río Cholchol entre Cholchol e Imperial.

5.º TOBAS DE PIEDRA PÓMEZ QUE ESTÁN LIGADAS POR TRANSICIONES CON LAS ARENISCAS TOBÍFERAS

Posicion tectónica del Diluvium

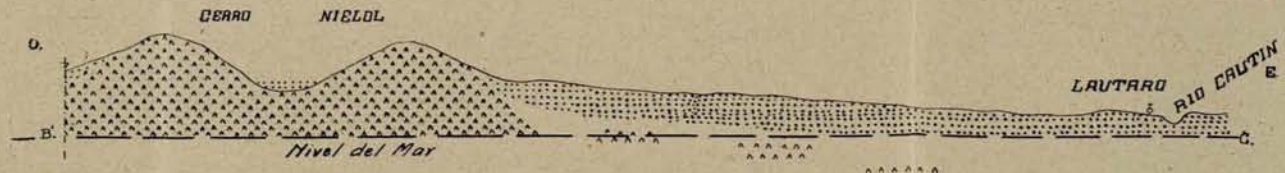
Todas estas capas ocupan una posición horizontal. Dispuestas verticalmente unas sobre otras varias capas de morainas alternan con otras de arcillas i areniscas. De este hecho se puede deducir tantas variaciones en la extensión de los ventisqueros como es el número de morainas existentes. Cada moraina corresponde a un avance de los ventisqueros; en cambio las capas de arcillas i areniscas intercaladas a una face del retroceso en el cual el espacio dejado por los hielos fué ocupada por lagos, en los que se depositaron arcillas i areniscas.

Especialmente favorable para un estudio de estas capas, se presenta el estero Trihue Malal, que se desarrolla en la mayor parte de su curso dentro de ellas. En su curso inferior entre los caseríos de Francisco Paillal i Antonio Huanchaleo i mas cerca de este último pueden observarse los dos perfiles siguientes: el primero en el faldeo de la izquierda i el segundo al frente del anterior.

Perfil 1.º

Techo: mas de 7 m. Morainas.
 2 m. tobas arcillosas finas, sin estratificación i de color gris-amarillo.
 4 m. morainas.
 2,5 m. arcillas tobíferas duras i estratificadas de grano mas grueso en la base.
 Piso: Morainas.

Perfil Geológico según A-B, B'-B Lautaro - Cholchol.



Leyenda.

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Rodados, Arenas, Diluviano, Morainas, Tobas. Areniscas, Arcillas, Terciario con Mantos de Carbón. Grauwacas, Conglomerados, Pizarras, con M. de Carbón. Porfiritas. | <ul style="list-style-type: none"> Mesozoico indeterminado. Mica-Esquistas de la Cordillera de la Costa. Fallas supuestas. |
|--|--|

J. Carlos de la Cruz

ESCALA Long 1:100000
 Alt 1:5000

CROQUIS GEOLOGICO DE LA REGION

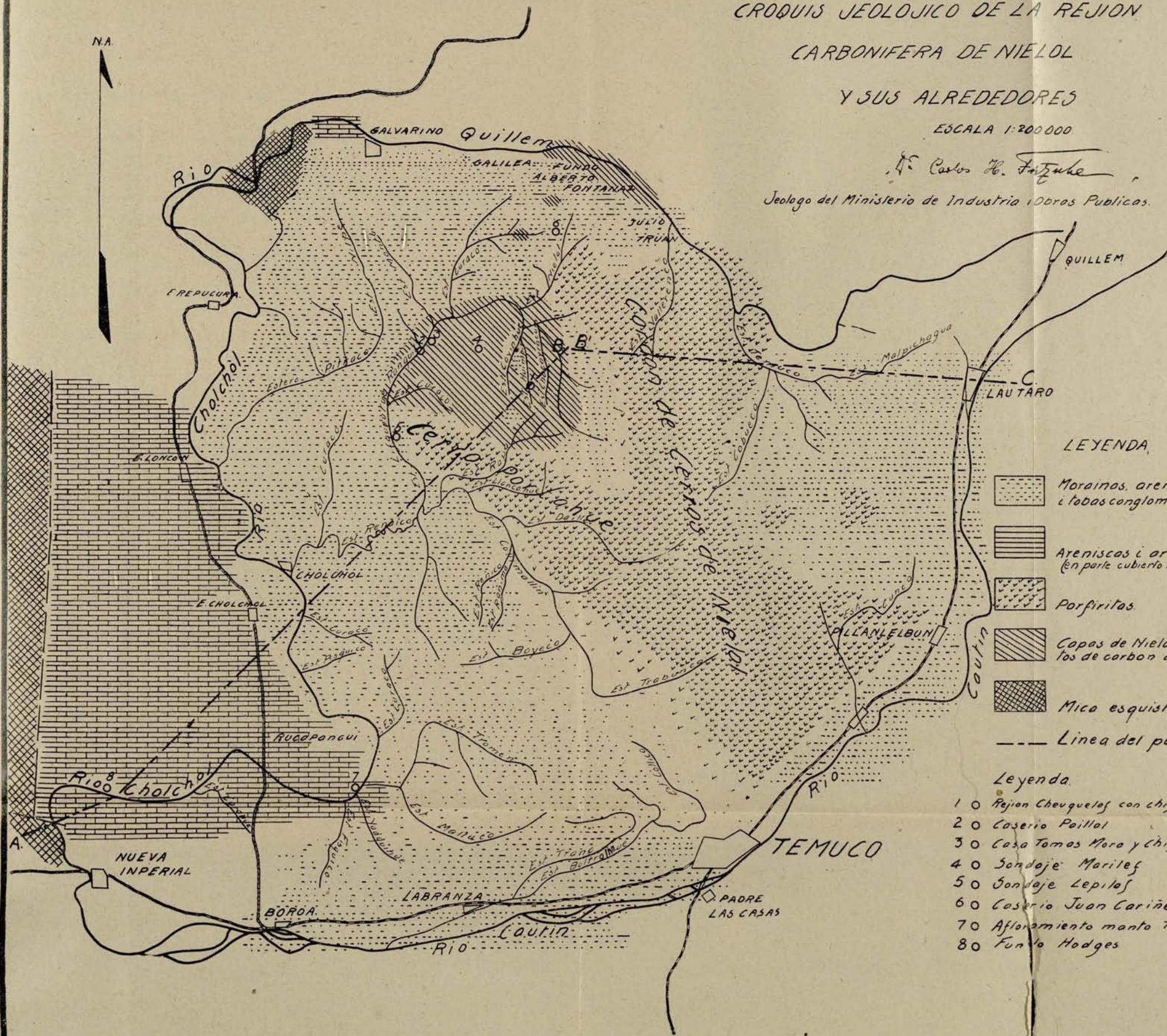
CARBONIFERA DE NIELOL

Y SUS ALREDEDORES

ESCALA 1:200 000

Dr. Carlos H. Fitzinger

Geologo del Ministerio de Industria y Obras Publicas.



LEYENDA

- Morainas, areniscas y lomas conglomeradas } Diluvium.
- Areniscas y arcillas } Terciario.
(en parte cubierto de Diluvium)
- Porfiritas.
- Capas de Nielol con mantos de carbon antracitosos } Triasico
- Mica esquistosa.
- Linea del perfil.

Leyenda

- 1 o Pejon Chequelof con chiflon Bustos
- 2 o Caserio Paillal
- 3 o Casa Tomas Mora y Chiflon Paillal
- 4 o Sondaje Marilef
- 5 o Sondaje Lepilaf
- 6 o Caserio Juan Cariñe
- 7 o Afloramiento manto Thiers
- 8 o Fundo Hodges

Perfil 2.º

Techo: Areniscas tobíferas de grano grueso i de color pardusco.

2 m. conglomerados andesíticos.

10 m. Morainas.

Areniscas tobíferas de grano fino, con mucha mica (biotita) i feldspato (orto i plajioclásico) i de estratificación cruzada.

Morainas.

Arcilla tobífera estratificada.

Morainas.

Areniscas tobíferas de grano fino.

Morainas.

Mas de 20 m. areniscas pardas, fácilmente desagregables con estratificación cruzada, bastante marcada.

Este perfil se estiende en mas de 60 m. de altura vertical.

Buenos afloramientos de estas capas diluvianas se presentan igualmente en el estero Lifquentúe, al N. i al S. del caserío del cacique Lepilaf, en el estero Pitracó; además en la ribera del río Cholchol desde su confluencia con el estero Pitracó, hasta Nueva Imperial.

ESTENSION DE LAS CAPAS DILUVIANAS

El Diluvium constituye en gran parte la superficie del territorio explorado. Dentro de la comarca Nielol-Huimpil existen restos de morainas en la parte N. del lomaje que separa los esteros Huimpil i Coyimhue i además hácia el N. del curso superior del estero Rapa en el pié N. del cerro Portahue.

Su estension mayor la adquieren estas capas al exterior de este comarca caracterizada por los afloramientos de estas capas de Nielol en toda la zona entre el estero Lifquentúe (Ranquil) i el río Cholchol, que se presenta en forma de una altiplanicie cubierta en partes por rodados separados en la descomposicion de las morainas i en parte por conglomerados que forman el suelo. Otra zona de estension de estas capas está limitada hácia el sur, por el valle del río Cautin, mas o ménos desde Temuco hasta Nueva Imperial i se estiende hácia el N. hasta las porfiritas de los cerros Portahua, Nielol i sus ramales. En el N. del distrito explorado se encuentran también las capas diluvianas. Afloramientos buenos se encuentran en el valle del río Quillen entre el fundo Fontanaz i el salto Quillen. A consecuencia de la existencia del Diluvium en el valle del río Quillen, el cauce de este río corta todas las formaciones encontradas en el distrito explorado, es decir las micas-esquistas i el terciario al O. de Galvarino, el rético al E. de esta

ciudad en el fundo de don Alberto Fontanaz, las porfiritas en el fundo de Julio Truan, aguas arriba de Fontanaz, i el diluvium aguas arriba i aguas abajo de estas porfiritas.

Aluvium.—Como depositaciones mas recientes deben mencionarse finalmente los rodados, i arenas que han sido sedimentadas en las riberas del rio Cautin por sus aguas sobre los rodados i conglomerados diluvianos del valle longitudinal.

II. PARTE

LOS YACIMIENTOS DE CARBON ANTRACITOSOS

SITUACION I POSICION JEOLÓJICA

La formacion jeolójica en que aparecen los mantos de carbon es la formacion de Nielol descrita detalladamente en la parte «Jeolojía jeneral» que precede. Estas capas de Nielol afloran principalmente en la comarca Nielol-Huimpil en una superficie de 16 Km²., situada a unos 26 Km. al Oeste de Lautaro. Ademas aparecen en las riberas del rio Quillen dentro de los deslindes del fundo de don Alberto Fontanaz, poco mas o ménos mitad de la distancia entre las poblaciones de Galvarino i Quillen.

Entre las dos zonas de afloramientos existen tres pequeñas áreas de afloramientos que indican una continuidad entre las capas de Nielol-Huimpil con los de Quillen. Esta aparente interrupcion de la formacion se debe a que capas mas recientes, porfiritas i capas aluvianas, la cubren en toda la estension entre Quillen i Nielol. Es de aceptarse la continuidad de esta formacion tambien hácia el Sur, el Este i el Oeste de la comarca Nielol Huimpil, continuacion que no es directamente observable por encontrarse debajo de porfiritas i de capas diluvianas i terciarias que en algunas partes tienen considerable espesor. Hasta este momento se ha comprobado la existencia de mantos de carbon en la comarca Nielol-Huimpil i es este distrito el que debe considerarse como centro de los yacimientos i al cual se refiere la esposicion de este capítulo.

Los mantos de carbon se encuentran dentro de las estratas de pizarras i areniscas que junto con conglomerados i grauwaças componen esa formacion carbonífera. Sus espesores varian entre diez i setenta centímetros. Se presentan aislados o colocados mui próximos, uno debajo del otro i separados por capas estériles de espesor relativamente pequeño, formando un grupo de mantos. En el primer caso si el manto tiene solamente un espesor de 20 a 50 centímetros su explotacion no es rentable. En el segundo caso dos o tres mantos que separadamente carecen de toda importancia en conjunto podrán presentar condiciones mas favorables de explotacion.

CONDICIONES TECTÓNICAS

Las condiciones tectónicas de los mantos de carbon son las mismas que las de la formación carbonífera en jeneral. El rumbo de los mantos es Oeste-Este hasta Noroeste-Sureste i su manteo varia entre 5 i 45° Sur i Suroeste, respectivamente.

Las fallas longitudinales, que han interrumpido de trecho en trecho toda la formacion, han provocado tambien desplazamientos de los mantos hácia niveles mas elevados como se ha detallado en la página 5.

OBSERVACIONES EN EL TERRENO I CRÍTICA DE LOS ANTIGUOS TRABAJOS DE
ESPLORACION

La existencia de afloramientos de los mantos de carbon i de las pizarras carboníferas dieron ocasion a que se practicaran ya hace 15 ó 20 años trabajos de exploracion i otros mas recientemente. Se continuaron socavones i piques i se hicieron 6 sondajes por el sistema de rotacion, llevados a honduras entre 15 i 90 metros. En los últimos dos años se practicaron dos nuevos sondajes i se reabrieron algunos de los antiguos socavones. Actualmente todas estas obras están derrumbadas e inundadas en gran parte, de manera que sólo pueden observarse los afloramientos en las boca-minas de los socavones.

Parece que en la ejecucion de estos trabajos no se ha seguido un plan determinado i adecuado a las condiciones jeológicas del terreno. Ademas, las informaciones i datos obtenidos de ellos son inexactos i poco auténticos. Existen todavía bastones de las perforaciones practicadas pero sin indicacion alguna respecto a los puntos de sondaje i a las profundidades correspondientes. En resumen puede decirse que los trabajos realizados hasta este momento—ya sea por informacion insuficiente o por métodos inadecuados puestos en prácticas—no tienen el valor que podian haber alcanzado seguramente con el mismo desembolso de dinero.

A continuacion se esponen primeramente las observaciones que han podido hacerse en el terreno mismo, tal como se presenta en la actualidad, i en seguida un resumen crítico sobre las informaciones de los resultados de los antiguos trabajos de exploracion.

ESTERO HUIMPIL

En este estero está colocado el socavon Bustos, a unos 200 metros al Norte del caserío del cacique Rafael Chenfquelaf. El socavon penetra en direccion de Este a Oeste por el lado del estero Huimpil a la zona que separa

los esteros Huimpil i Coyinhue. Se desarrolla mas o ménos bajo el rumbo de las estratas i deja en descubierto un grupo de mantos de carbon, separados entre sí por capas estériles de pizarra carbonosa. Este grupo constituye el denominado manto Chenfquelaf i es, junto con el manto Paillal, cuya descripción se hará oportunamente, el de mejor calidad encontrado hasta ahora en la rejion.

En la bocamina de este socavon se observa el perfil siguiente:

Techo: 27 cm. tierra vegetal.

40 cm. manto de carbon.

1 i 6 cm. pizarras con numerosas capitas i lentejuelas de carbon (pizarra carbonosa).

10 cm. manto de carbon.

23 cm. pizarras arcillosas.

20 cm. manto de carbon.

El largo del socavon es de mas o ménos 75 metros. Al tiempo de mi visita era posible internarse hasta 40 metros de la bocamina. A lo largo de las paredes laterales se comprobaron dos mantos de carbon de 35 a 40 cm. de espesor, separados por una capa de esquistos. Segun informaciones recibidas de testigos presenciales, se habrian explotado tres mantos en el fondo del socavon, cuyo perfil es el siguiente:

Techo: Esquistos.

30-40 cm. manto de carbon.

25-30 cm. esquistos blandos con restos de plantas fósiles.

20-30 cm. manto de carbon.

20-25 cm. esquistos blandos con partes fósiles.

50-70 cm. manto de carbon.

Piso: Esquistos arcillosos.

El manto de las capas es de 15° Sur i de rumbo alrededor de N. 60° O. En el sentido del rumbo las capas tienen una inclinacion variable entre 5 i 10°.

Tomé muestras comunes a 20, 30 i 40 m. de la bocamina de los mantos aflorantes en las paredes laterales del socavon. Los ensayos de cada una de las muestras dieron los resultados siguientes:

	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
Calor de combustion.	6705	5392	5603	6080 calorías
Azufre total.	0,83	0,92	0,78	...
Agua higroscópica (105°).....	1,26	1,52	1,44	...
Materia volátil.	6,20	6,96	5,62	7%
Carbon fijo.	77,34	60,52	64,26	...
Cenizas.	15,20	31,00	28,68	23,9%

En el curso restante del estero Huimpil no se observan otro mantos sino que sólo afloramientos de esquistos carbonosos alternados con grauwas i conglomerados.

ESTERO COYIMHUE

En el cauce de este estero dentro de las capas de pizarras separadas por grauwas i conglomerados aparecen varias estratas de esquistos carbonosos de 1 a 2 metros de espesor.

En este estero están situados los socavones N.º 3 i 4, actualmente derrumbados, i entre cuyos desmontes se encuentran pizarras carbonosas i pequeños fragmentos de carbon. En la bocamina del socavon 4 se pueden observar dentro de los esquistos carbonosos algunas capas de carbon, pero de seccion lenticular. Segun se dice, el socavon encontró un manto de carbon, pero no hai referencia alguna sobre su espesor i calidad.

ESTERO CHACAYROCUN

En este estero pueden observarse las mismas capas descritas en los esteros anteriores. Existen allí dos pequeños cortes en los esquistas carbonosos i ademas, aguas abajo, dos socavones, uno frente al otro, i en cuyas bocaminas pueden constatarse únicamente pizarras carbonosas. El socavon de la ribera derecha habria encontrado, segun dicen, un manto de carbon.

ESTERO RAPA

En su curso superior el estero Rapa ha dejado en descubierto la formacion de Nielol. En las inmediaciones de la casa de Celis Millahuel existe, en la orilla del cauce, una labor antigua i que pone en evidencia un manto de carbon puro de 2 a 3 cm. de espesor. Mas hácia el Oeste, a unos 150 m., cerca de la casa de doña Amelia i aguas arriba de este punto, se encuentra en un cateo abandonado un manto análogo de carbon esquistoso i cuyo manto es sólo de 2-3º Sur.

ESTERO LIFQUENTÚE (DENOMINADO TAMBIEN RANQUIL)

Hácia el Norte del caserío del cacique I. M. Paillal i en la ribera izquierda del estero existe una importante zona de afloramientos dejado parcialmente en descubierto por 8 obras de cateo, entre las cuales figura un socavon.

El 1.º cateo, situado ladera abajo de la casa de Tomas Mora, presenta el perfil siguiente:

Techo: Areniscas.

Horizonte de esferosideritas en areniscas.

100 cm. manto de carbon esquistoso con 50% de cenizas (Manteo 25° Sur).

Piso: Areniscas arcillosas con capas ferruginosas.

35 metros al Norte del primero sigue el 2.º cateo:

Techo { 25 cm. areniscas con esferosideritas.
55 cm. esquistos arcillosos frágiles.
35 cm. arcillas amarillas arenosas.

11 cm. esquistos carbonosos.

14 cm. manto de carbon puro.

40 cm. esquistos arcillosos.

33 cm. esquistos carbonosos.

20 cm. esquistos arcillosos pardos.

18 cm. manto de carbon.

20 cm. esquistos arcillosos.

30 cm. esquistos carbonosos.

Piso: Esquistos arcillosos i areniscas, manteo de las capas; 33° Sur.

En el medio entre los cateos 1 i 2 aparece tambien una capa de esquistos carbonosos con numerosas capitas de carbon.

3.er Cateo: (Muy al Norte del segundo).

Techo:

40 cm. esquistos arcillosos.

33 cm. manto de carbon.

22 cm. esquistos.

Piso: esquistos con numerosas capitas delgadas de carbon; manteo de las capas 25° Sur.

4.º Cateo: (45 metros al Norte del tercero).

Está en un horizonte de esquistos.

5.º Cateo: (5 metros al Norte del cuarto).

Techo:

Esferosideritas, abajo areniscas i esquistos.

20 cm. manto de carbon.

125 cm. esquistos con algunas capitas delgadas de carbon.

20 cm. manto de carbon.

Piso: Esquistos negros; manteo de las capas 25° Sur.

6.º Cateo: Socavon Paillal (80 metros al Norte del Corte N.º 5).

Techo:

Horizonte de esferosideritas, abajo areniscas.

20 cm. esquistos arcillosos.

30 cm. esquistos carboníferos.

70 cm. manto de carbon (manto Paillal).

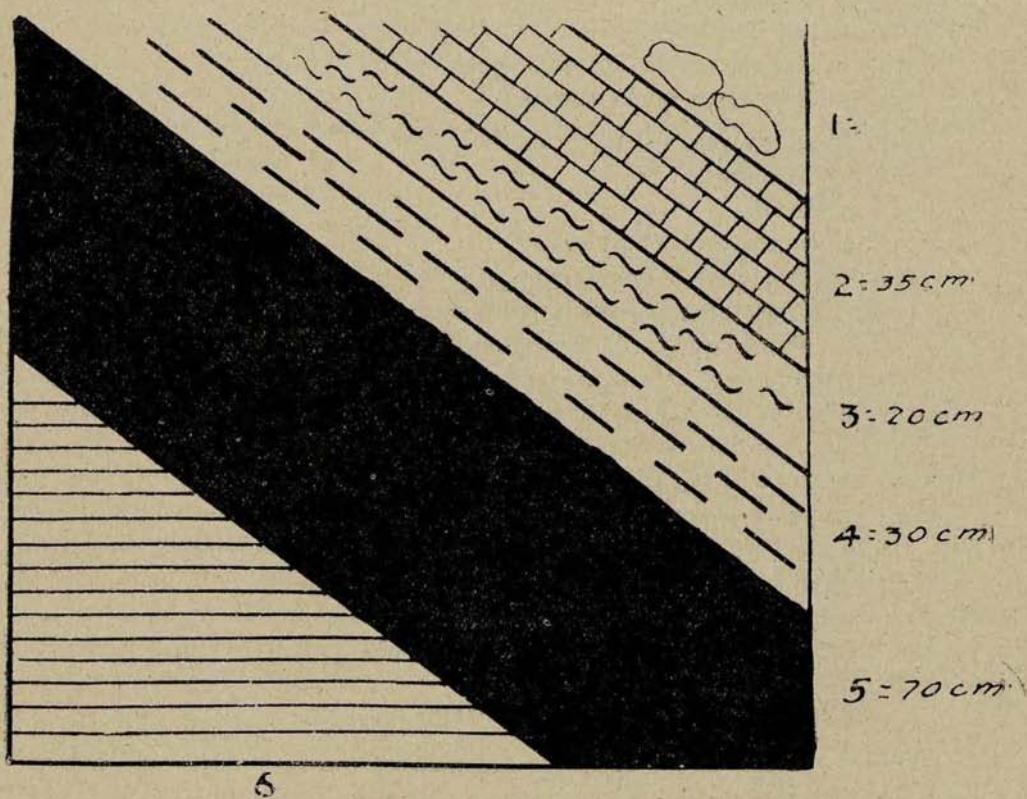


Fig. 2.—Manto Paillal

Piso: areniscas arcillosas, ferruginosas en la vecindad del carbon, manteo de las capas 40° Sur.

7.º *Cateo*: (35 metros al N. del socavon).

Techo:

75 cm. areniscas mui ferruginosas.

45 cm. esquistos.

33 cm. manto de carbon impuro.

10 cm. arcilla.

4 cm. carbon puro.

45 cm. esquistos arcillosos ferruginosos.

100 cm. esquistos carboníferos.

8.º *Cateo*: (55 metros al N. del socavon).

48 cm. esquistos.

25 cm. arcilla.

43 cm. esquistos carboníferos.

Piso: arcilla gris, el manteo es 35° Sur.

Fuera de las labores mencionadas en las páginas anteriores, se realizaron otras labores que en la actualidad escapan a la observacion.

Otra obra importante entre estas últimas parece haber sido el pique Chenquelaf; situada en el Estero Huimpil, inmediatamente continua a la actual habitacion del cacique del mismo nombre. Segun se dice, este pique habria encontrado a 25 m. de profundidad dos mantos de 25 i 50 cm. de espesor, separados por una capa estéril de 25 cm. i con un manteo de 10°-15° Sur. En la zona de los mantos se construyeron galerías para la estraccion de carbon que fué trasportado a Lautaro para su venta. A la profundidad de 50 metros se habria dado con otro grupo de mantos, formado de dos mantos parciales de 40 cm. de espesor, separados por una capa de pizarras.

SONDAJES

De los perfiles de los sondeos antiguos se puede deducir que tres de éstos han atravesado mantos de carbon revueltos de arcillas i pizarras de 50 a 200 cm. de espesor, en honduras comprendidas entre 15 i 90 m. Los resultados se detallan en el cuadro siguiente:

Perforacion	Situacion de los mantos	Espesores
N.º 1, a . . .	31 m. de profundidad.	1.20 m.
	57 m. de profundidad.	0.70 m.
N.º 2, a . . .	15 m. de profundidad.	1.20 m.
	90 m. de profundidad.	0.90 m.
N.º 3, a
N.º 4, a	16 m. de profundidad.	2.25 m.

En los últimos dos años se efectuaron dos sondajes, un primer sondaje denominado Lepilaf i otro Marilef.

Sondaje Lepilaf.—Esta situado unos tres kilómetros al Sur de Paillal, en la posición del cacique Lepilaf, en el valle Lifquentúe i alcanza hasta la profundidad de 82 m. Fué practicado por el sistema de rotación i atravesó a mas de la superficie las capas diluvianas i porfiritas, pero sin encontrar la formación carbonífera.

Sondaje Marilef.—Está ubicado entre Paillal i Chenfquelaf dentro de las reservas del cacique Marilef. La hondura alcanzada fué de 120 m., atravesándose constantemente la formación carbonífera. Por desgracia el sistema adoptado en esta perforación fué el de percusión, inadecuado jeneralmente para reconocimiento de los yacimientos carboníferos. En consecuencia la naturaleza i espesor de las guías i mantos de carbon atravesado por este sondaje no han podido apreciarse ni siquiera aproximadamente.

NATURALEZA DE LOS MANTOS I CALIDAD DE SU CARBON

El carbon de Nielol es una hulla antracitosa atendiendo a sus cualidades químicas i su naturaleza física.

Propiedades físicas.—El carbon es negro, brillante, de fractura marcada i se descolora poco al tacto. La dureza es $2\frac{1}{2}$ -3. El peso específico 1,43.

Propiedades químicas.—El análisis de una muestra escojida, libre de intercalaciones pizarrosas, dió el resultado que se indica a continuación:

Poder calorífico.....	77,50 calorías
Carbon fijo.....	88,14 %
Cenizas.....	2,52 %
Agua higroscópica	1,18 %
Azufre total.....	0,58 %
Materia volátil.....	8,16 %

En este grado de pureza que indica el análisis, no se presenta ninguno de los mantos, por el contrario en ellos alternan siempre capas estériles de pizarras de algunos milímetros hasta 3 a 5 cm. de espesor con capas de carbon al estado puro. Estas intercalaciones de pizarras se presentan en forma discontinua, es decir fragmentadas i dispuestas irregular i paralelamente a diversos niveles en el mismo manto. Debido a estas intercalaciones pizarrosas el porcentaje en cenizas queda aumentado respecto del indicado en el análisis de la muestra escojida, encontrándose disminuidos la lei de carbon fijo i el poder calorífico del combustible. La composición, en término medio, del manto de mejor calidad encontrado hasta la fecha en la rejion (manto Bustos) queda caracterizada por los siguientes datos:

Poder calorífico.....	6000 calorías
Carbon fijo.....	70%
Cenizas.....	22,24%
Partes volátiles.....	7,8%
Azufre total.....	0,85%
Agua higroscópica.....	1,42%

Es de observar que estos valores medios calculados representan el medio aritmético de los resultados de los ensayos indicados en la página 27 i que se refieren a varias muestras tomadas sobre todo el espesor de los mantos, que corren a lo largo de las paredes laterales del socavon Bustos, incluyendo en esa dimension aun las intercalaciones pizarrosas de mas de un centímetro de espesor.

CARACTERÍSTICAS DIFERENCIALES DE LOS MANTOS EN SUS AFLORAMIENTOS I A PROFUNDIDAD

En los afloramientos los mantos han sufrido alteracion por la accion del agua i de los ajentes atmosféricos. Debido a esta influencia se ha producido un ablandamiento de los mantos, una acumulacion del agua higroscópica i una variacion de la lei en materias volátiles. Ademas una parte del carbonose oxida trasformándose en anhídrido carbónico (CO²). A consecuencia de esta especie de combustion ha desaparecido parte del carbono, disminuyendo la proporcion de carbon fijo. Como la cantidad de pizarras no ha sufrido alteraciones, el cuociente entre la masa pizarrosa i la masa total, ha incrementado, aumentando en consecuencia el porcentaje relativo a cenizas.

La accion de los ajentes exteriores disminuye a medida que aumenta la profundidad; en efecto a 10-20 metros de la superficie se ha observado que su influencia es despreciable o nula en absoluto, de tal manera que los mantos de carbon en este nivel se presentan inalterados, mas duros i mas compactos. El poder calorífico es mayor que el que corresponde al carbon superficial, siendo menor el porcentaje relativo de cenizas; ya que a la inversa del caso anterior ha aumentado el carbon fijo en relacion al material pizarroso hasta el grado de proporcionalidad primitiva. El valor absoluto de la cantidad de pizarra ha permanecido constante aun cuando la alteracion superficial del manto es un hecho. La importancia de la diferencia de las cualidades entre la parte alterada i la normal de un manto no debe exajarse. En jeneral se puede estimar que el carbon de la parte normal es 10 a 15% mejor que el de la parte alterada. Los análisis del carbon del manto Bustos, copiados mas arriba, se refieren a muestras de la rejion normal de este manto e indican la composicion de un carbon inalterado.

Las intercalaciones pizarrosas en los mantos existen tambien a profundidad i la hipótesis de que un manto que tiene intercalaciones de esta naturaleza en la superficie, se trasforman bajo tierra en un manto de carbon con ausencia absoluta de ellas, no encuentra fundamento bajo el punto de vista jeológico. Así, por ejemplo, los récords diarios de los antiguos sondajes 1, 2 i 4, que encontraron mantos de carbon a profundidades de 15, 16, 57 i 90 metros, se caracterizan como mantos revueltos con arcillas i pizarras.

VALORIZACION DE LOS YACIMIENTOS DE CARBON DE NIELOL

Naturaleza del carbon

Las cualidades del carbon desmerecen por el porcentaje en cenizas elevado para un carbon antracitoso. Este porcentaje orijina la lei baja en carbon fijo i con ello una disminucion relativa del poder calorífico.

La forma en que se presentan las intercalaciones pizarrosas dentro de los mantos permiten disminuir artificialmente esas desventajas. En parte las intercalaciones se presentan en capas delgadas de ménos de un centímetro de espesor, lo que no justifica prácticamente una separacion artificial. En cambio cuando estas capas son mas gruesas i alternas con estratas de carbon puro, entónces se puede proceder a la separacion artificial de las impurezas por un lavado conveniente. En esta forma se podria preparar tres o cuatro distintas calidades del producto bruto: en órden ascendente una clase estaria formada por las pizarras separadas; otras dos podrian constituir las el carbon con intercalaciones pizarrosas delgadas e inseparables artificialmente por los métodos corrientes, i, finalmente, una última clase de carbon relativamente puro.

En esta forma se podria obtener un producto de venta de mejor calidad que el material extraido i no tratado. El incremento del poder calorífico del producto depende del porcentaje de pizarra que ha sido posible separar. Este porcentaje no se puede determinar a priori con exactitud; es necesario fijarlo por medio de ensayos prácticos. La reduccion de la cantidad de pizarras a la mitad de su valor primitivo puede considerarse favorable.

2. LOS MANTOS

Tomando en consideracion la alta lei en cenizas de que viene acompañado el carbon, como se ha explicado en el párrafo anterior, i la escasez de los afloramientos con que se presentan los mantos, no se puede declarar en forma definitiva si es posible i en tal caso cuántos de ellos son susceptibles de una explotacion comercial efectiva. Entre los mantos encontrados en esta rejión existen dos: Bustos i Paillal, que ofrecen expectativas. Ellos

tienen al mismo tiempo que una lei relativamente baja en pizarras para este distrito, un espesor, que los coloca dentro de la posibilidad de explotarlos. Los demas mantos, actualmente reconocidos por sus espesores reducidos o por su elevado porcentaje en pizarra, no entran en discusion dentro del marco de la explotacion rentable. Tampoco puede tomarse en cuenta para estos efectos las esquistas carbonosas.

Cada uno de los mantos a que se alude presentan un solo punto de afloramiento: el manto Bustos, cerca de Cheufquelaf, i el otro hácia el de Paillal. Los puntos de afloramientos distan de 3,5 Km. i están situados uno del otro en direccion NO.-SE., es decir, aproximadamente en direccion del rumbo de la formacion de Nielol. Entre estas dos zonas Paillal i Cheufquelaf, no existen afloramientos de ninguno de los dos mantos debido a que la roca del subsuelo está cubierta de capas descompuestas en gran estension. Por el mismo motivo, afloramientos de las demas rocas o componentes de la formacion, es decir, de las grauWacas i conglomerados, son tambien poco frecuentes.

A consecuencia de la escasez de afloramientos entre Paillal i Cheufquelaf no se puede concretar nada sobre la relacion tectónica entre estas dos zonas i el comportamiento de los mantos mencionados. Se puede estimar, naturalmente que el manto Bustos continúa hácia el O. i el manto Paillal hácia el E. i que ambos se internan a profundidad en direccion de su manteo. Para una cubicacion aun aproximada de los dos mantos, estos datos todavía no son suficientes. Para este objeto habria que determinar la composicion, el espesor, en una palabra sus cualidades características i su presencia en mas puntos, tanto en la direccion del rumbo como en la del manteo.

Aun cuando no hai un esclarecimiento completo sobre sus relaciones tectónicas, se puede decir desde luego, que se trata de dos mantos distintos. En efecto, el manto Paillal es un manto único de 70 cm. de espesor, i el manto Bustos es un grupo de 2 ó 3 mantos separados i acompañados de capas de pizarras entre las que son características las esquistas arcillosas de naturaleza arenosa con numerosos fósiles vegetales que no existen en el manto Paillal.

Hai la posibilidad de que existan todavía otros mantos de la calidad de los mantos Bustos i Paillal, pero que no se pueden observar en la superficie. Talvez el segundo grupo de mantos encontrados por los antiguos sondajes entre Cheufquelaf i Rapa representan repeticiones de los mantos Bustos i de las capas del pique Cheufquelaf, orijinados por fallas lonjitudinales. Estas son cuestiones que sólo pueden ser resueltas por trabajos de explotacion metódica.

TRABAJOS DE INVESTIGACION I ESPLORACION

Los trabajos de investigacion cuya ejecucion es indispensable para una valorizacion i para su cubicacion, son los siguientes: Primeramente se debe determinar por medio de ensayos convenientes el porcentaje de material pizarroso que es posible separar del producto bruto. Así se puede saber qué clase de carbon es posible lanzar al mercado. Esta determinacion es de una importancia fundamental.

La esploracion del distrito mismo quedaria limitada desde luego a los mantos Bustos i Paillal con objeto de aclarar su posicion i naturaleza en direccion de su rumbo i manto. El método mas adecuado para obtener estos resultados consiste en practicar sondajes que podrian distribuirse conforme al plan siguiente:

En primer lugar es recomendable realizar dos sondajes, uno en la zona Cheufquelaf, al Suroeste del caserío del cacique del mismo nombre i el otro en la zona Paillal, al Sureste de la habitacion de Tomas Mora. Es conveniente que se elijan en tal forma los puntos de sondaje que encuentren los respectivos mantos a unos 100-150 metros de hondura. Una vez encontrado los mantos deben practicarse dos sondajes mas alejados de los primeros en direccion trasversal al rumbo de los mantos. En tal caso debe suceder que los respectivos mantos se han atravesado a una mayor profundidad de acuerdo con su manto o bien a menor profundidad, suponiendo una discontinuidad i desplazamiento hácia arriba del manto a consecuencia de una falla longitudinal. Es ademas necesario ejecutar un quinto sondaje entre Cheufquelaf i Paillal para determinar la correlacion entre ámbas zonas en lo que aun los sondajes anteriores no hayan podido establecer. Estos sondajes por practicar no sólo permitirian formarse un juicio sobre los mantos Bustos i Paillal, sino que contribuirian ademas a reabrir la cuestion de si existen o nó mas mantos en esta localidad. El esclarecimiento completo de esta última cuestion exigiria una mayor profundizacion de uno de los sondajes indicados hasta una hondura tal que permita el conocimiento del perfil completo de la formacion de Nielol.

Si los resultados de los sondajes fueran favorables, puede en estas condiciones probarse la existencia de varios millones de toneladas de carbon.

Los sondajes proyectados corresponden a un largo total de 1,100 metros aproximadamente i a un gasto de unos \$ 250,000 m/c. Si desde las primeras perforaciones se ha logrado constatar un valor comercial reducido de los mantos Bustos i Paillal, es innecesaria la ejecucion de los demas sondajes. En otros términos puede decirse que para fijar el valor i obtener los datos mas importantes necesarios a la explotacion, los trabajos indicados son indispensables. Si los yacimientos presentan pocas posibilidades a una

explotacion rentable, la circunstancia quedará de manifiesto desde las primeras perforaciones con un gasto ascendente mas o ménos a la mitad del gasto mencionado anteriormente.

CONDICIONES DE TRASPORTE

Desde el territorio de Nielol son accesibles dos líneas de ferrocarril. La línea del Lonjitudinal por las estaciones Lautaro o Quillen i la del ramal Temuco-Carahue por Nueva Imperial. Para llegar a estas líneas se necesita recorrer unos 28 a 30 Km. de distancia. La ruta por Nueva Imperial ofrece la posibilidad de utilizar el rio Cholchol a partir de la ciudad del mismo nombre como medio de transporte, de tal manera que sólo se haria necesaria la construccion de una via ferroviaria de 10 Km. hasta el Pueblo de Cholchol. En esta circunstancia el carbon seria transportado primeramente por esta nueva línea, en seguida embarcado en lanchas hasta Nueva Imperial desde donde la movilizacion continuaria nuevamente por ferrocarril.

NOTA.—Un transporte fluvial por el rio Imperial hasta la costa no es posible ya que este rio es navegable solamente en invierno en aguas máximas, entre Imperial i Carahue; ademas las condiciones del Puerto Saavedra, como punto de término de esta ruta, no puede ser utilizado por los vapores debido a su extraordinario embancamiento.

UTILIZACION I CUALIDADES PRÁCTICAS DEL CARBON ANTRACITOSO

El carbon antracitoso se distingue de los demas carbones en que por su elevado porcentaje de carbon fijo se quema mas lentamente, así, por ejemplo, una lignita bajo las mismas condiciones de un carbon antracitoso, se gasta mas rápidamente. A consecuencia de su reducida cantidad en productos volátiles, necesita para su combustion un gran tiraje. Su empleo es apropiado en calefaccion doméstica, para el cocimiento de ladrillos, en la calcinacion i en todos los hornos de pullaje i bajo ciertas condiciones en las calderas cuando van mezcladas con carbones mas ricos en materiales volátiles. Por sí solo no es utilizable en la fabricacion del coke. Es un carbon que se disgrega en el fuego i que deja un residuo terroso i suelto. Existe sin embargo la posibilidad de que mezclado convenientemente con carbon mas gaseoso pueda servir para la fabricacion de coke. Esto último exigirá naturalmente una experimentacion en gran escala.

RESÚMEN DE LAS CONDICIONES ACTUALES

1.º La cuenca carbonífera de Nielol está situada a 28 Km. al Oeste de Lautaro i ocupa aproximadamente una área superficial de 16 Km². La

estension subterránea es mayor, pues la rejion periférica está cubierta por capas mas recientes.

2.º El carbon de Nielol es una hulla del período triásico.

3.º Entre los mejores mantos encontrados hasta ahora, uno tiene un espesor de 70 cm., el otro se compone de dos o tres mantos parciales de 30 a 40 cm. de espesor, separados entre sí por capas de pizarras de 20 a 30 centímetros.

4.º La calidad del carbon de estos mantos queda espresada por los valores siguientes:

	Manto Bustos (muestras de carbon inalterado)	Manto Paillal (afloramiento)
Poder calorífico.....	6,000 cal.	5,564 cal.
Carbon fijo.....	70%	62,70%
Materias volátiles.....	7.8%	7,14%
Cenizas: debidas a intercalaciones pizarrosas.....	22,24%	28,64%
Azufre.....	0,85%

5.º Existe la posibilidad de bajar la lei en cenizas separando por un lavado, relativamente, gran parte de las intercalaciones pizarrosas del material estraido; trasformándolo de este modo en un producto que produzca mayor calor de combustion i de empleo mas jeneral i espedito.

RESÚMEN DE LA DISCUSION SOBRE EL VALOR COMERCIAL

Debido a insuficientes afloramientos i a que los trabajos de esploracion realizados hasta este momento no han sido ejecutados de acuerdo con las exigencias de los buenos reconocimientos, no es posible todavía determinar si los dos mantos mencionados son comercialmente explotables. Por estas mismas circunstancias no existe todavía la base suficiente para un cálculo de la cubicacion. Para resolver en definitiva esta cuestion, se hace necesario realizar nuevas esploraciones en conformidad a un plan conveniente i métdico de trabajos.

El primero de estos estudios consistirá en encomendar a una firma especialista la determinacion por los métodos de lavado del porcentaje del material pizarroso que es posible separar del producto de estraccion con el objeto de fijar las clases de carbon que pueden ofrecerse a la demanda pública.

Es indispensable, ademas, tres a cinco perforaciones de una profundidad acumulada de 1,100 metros con un gasto de \$ 250,000, a fin de reconocer mas exactamente la naturaleza, posicion tectónica i espesor de los

mantos. Si la cuenca carbonífera presentara en realidad pocas expectativas comerciales, ello quedará de manifiesto desde los primeros sondajes, limitándose en este caso el largo total de perforación a unos 500 m. i los gastos correspondientes a \$ 100,000-\$ 125,000. Si los sondajes son favorables, se puede comprobar la existencia de varios millones de toneladas de carbon.

NOTA.—Como pude comprobarlo, la cantidad del carbon extraído del Chiflon Bustos, con ocasión de mi visita, es suficiente para la ejecución de estos experimentos.

Santiago, 20 de Octubre de 1921.

DR. CÁRLOS H. FRITZSCHE,
Jeólogo del Ministerio de Industria
i obras Públicas.



Ciencia e industria (1)

Sociedad Anónima en formación

OBJETO DE LA SOCIEDAD

Algunos grandes amigos de nuestras Escuelas Especiales, industriales, financistas i profesores, intentan desde hace algun tiempo, de acuerdo con las autoridades académicas, la formación de una Sociedad Anónima para la explotación industrial de los laboratorios anexos a estas escuelas.

Actualmente se reconoce que los laboratorios de esta especie son indispensables para la buena formación del ingeniero. Desde hace mucho tiempo

COMITÉ DE PATROCINADORES

- Conde R. de BRIEY, intendente honorario de la «Liste Civil du Roi».
 Baron CARTON de WIART, director de la «Société Générale de Belgique».
 M. Gerard COOREMAN, Ministro de Estado, director de la «Société Générale de Belgique».
 Baron Evence COPPÉE, hijo, industrial.
 Baron EMPAIN, banquero.
 Conde Jean de HEMPTINNE, industrial.
 Baron HOUTART, miembro de la Cámara de Representantes, banquero.
 M. Michel LEVIE, Ministro de Estado, presidente de la Sociedad Nacional de Tranvías Vecinales i de la Caisse de Reports.
 M. LIESENS, director-jerente de las minas de carbon de Tamines.
 M. Charles NICAISE, administrador-delegado de la Sociedad Lorraine e Dietrich.
 M. F. TIMMERMANS, director jeneral de los talleres del Meuse.

COLABORADORES TÉCNICOS

- MM. M. ALLIAUME, profesor universitario: topografía, jeodesia, oficina de cálculo.
 Le Chanoine P. BIOTRGE, profesor universitario: biología industrial.
 P. BRUYLANTS, profesor universitario: química pura i aplicada-colorantes.

las Universidades de Estados Unidos, de Suiza, de Holanda i de Alemania han anexado a sus escuelas de ingenieros, laboratorios de lo mas perfeccionado en los cuales la enseñanza técnica se completa maravillosamente por numerosos ejercicios prácticos coronados por investigaciones industriales. Los brillantes resultados obtenidos por la industria en estos países es testimonio del valor de este método.

Durante la guerra, la enseñanza técnica desarrolló sus métodos de investigación práctica, obligada por las necesidades de los países en lucha por su existencia. De estos laboratorios salieron inventos los mas atrevidos i fructuosos bajo las imperiosas necesidades del momento.

En esta misma época nuestro país, por el hecho de la ocupacion alemana, veia su vida industrial aniquilada i el retardo de que adolecia ántes de la guerra se encontró mui agravado en relacion con el enorme avance alcanzado por las otras naciones.

Urje recuperar el tiempo perdido.

Nuestras escuelas industriales realizan enormes esfuerzos para colocar nuestra enseñanza técnica a la altura de las grandes naciones industriales. Se necesitan grandes capitales para la instalacion de la utilería moderna indispensable para los ejercicios prácticos.

Las Universidades del Estado i la Universidad de Bruselas disponen, las unas de los recursos de los poderes públicos, la otra de los debidos a la jenerosidad americana i a la ciudad de Bruselas. Solo la Universidad de Lovaina no goza de los subsidios oficiales. Ella debe encontrar por sus propios medios los recursos necesarios para la modernizacion de su enseñanza. El objeto de la Sociedad en formacion es ayudarla, permitiéndole crear i sobre todo mantener laboratorios modernos por medio de su utilizacion industrial. Facilitará nuestra tarea el tener a nuestra disposicion edificios importantes en condiciones especialmente ventajosas. A pesar de esta circunstancia favorable a la cual se agrega la jenerosidad de financistas e industriales que han hecho cuantiosas donaciones en favor de las Escuelas de Lovaina i Bruselas, nuestras escuelas se encuentran en marcada inferioridad.

J. CHOPPINET, ingeniero: mecánico de precision, instrumentos de medida.

J. CORBIAU, profesor universitario: derecho comercial.

L. DAUBRESSE, profesor universitario: mecánica jeneral.

V. DEFAYS, profesor universitario: metalurjia.

G. DELMARCEL, profesor universitario: química industrial.

Le Baron J. de DORLODOT, ingeniero: jeolojia aplicada.

E. SLOSSE, ingeniero: organizacion científica de las empresas.

G. GILLON, profesor universitario: electricidad industrial.

A. VAN HECÉE, profesor universitario: injenieria civil i arquitectura industrial.

Dr. HOUDMONT: psicotécina i orientacion profesional.

F. KAISIN, profesor universitario: hidrolojia.

E. LEMAIRE, profesor universitario: explotacion de minas.

E. MERTENS, ingeniero: combustibles.

L. MICHELS, profesor universitario: química analítica.

A. MICHOTTE, profesor universitario: psicolojia aplicada.

N. SIBENALER, profesor universitario: aplicaciones del calor, termodinámica.

A. VIRENDEEL, profesor universitario: puentes i construcciones.

Durante la guerra se creó un pequeño laboratorio con recursos mínimos. Trabajó en condiciones muy penosas a consecuencia de la falta de materias primas i a causa de la ocupación alemana. A pesar de todo, han nacido de ella negocios industriales importantes que están llamados a un bello porvenir.

Los creadores de este laboratorio serán colaboradores en la nueva empresa, están llanos a aportar no sólo su experiencia, sino también todos sus medios de acción. Tienen en proyecto diversos trabajos interesantes que continuará el nuevo organismo.

Este pequeño laboratorio deberá adquirir una extensión material considerable i al mismo tiempo debe asegurarse el concurso de numerosos hombres de ciencia. Para lograr rápidamente estos dos puntos de vista nos hemos acercado a la Universidad de Lovaina, con el fin de:

1. Utilizar en cuanto sean disponibles los importantes laboratorios que ya ella posee i otros que la reorganización próxima hará nacer.
2. Recurrirá, tanto como se pueda, a la colaboración de los profesores, de los jefes de laboratorios i de los ayudantes cuyo número se aumentará para responder a las nuevas necesidades que se creen.

Los estudiantes de los cursos superiores serán útiles auxiliares cuyo valor científico se apreciará. Un gran número de ellos, entre los mejores, después de sus estudios, podrán llegar a ser excelentes colaboradores. La Universidad será así una admirable fuente de producción de hombres de valor.

Todos estos arreglos permitirán:

1. Reducir a un mínimo el capital inmovilizado;
2. Obtener numerosos colaboradores de gran valor;
3. Empezar, con la constitución de la Sociedad, la explotación de la empresa que es su fin.

Describiremos someramente los medios de acción de que dispondrá esta agrupación.

Por razón de su instalación, ella dispondrá:

- a) De una OFICINA TÉCNICA para la concepción, el cálculo i el dibujo de máquinas, aparatos, edificios i construcciones diversas;
- b) De LABORATORIOS PROPIAMENTE DICHOS, de física, de química, de electricidad, de metalurgia i de ensaye de materiales diversos;
- c) De LABORATORIOS INDUSTRIALES que permitirán construir los aparatos mecánicos o eléctricos ideados i dibujados por la Oficina Técnica, —realizar en una escala suficiente i casi industrial los nuevos procedimientos de elaboración, químicos u otros, preparar nuevas aleaciones, verificar sus propiedades i buscarle aplicación, producir i ensayar nuevos materiales de construcción.

Estos laboratorios i talleres dispondrán de variados elementos de trabajo, vapor saturado i recalentado, aire comprimido i agua a baja o

alta presión, corriente eléctrica continua i alterna con numerosas tensiones diferentes, vacío, frío.

Los talleres también estarán provistos de maquinarias i utilería moderna, de gran perfección, de toda clase de aparatos de medidas.

La institución tendrá una excelente biblioteca i estará abonada a las principales revistas científicas e industriales.

En cuanto al personal, dispondrá de numerosos sabios especializados en casi todas las ramas de la actividad industrial, de jefes de laboratorios i de talleres, de técnicos, de químicos, de contadores, de traductores, de operarios escogidos.

La organización de todas estas actividades será altamente científica: Tenderá a ser un modelo en su género. Los almacenes, la fabricación, la contabilidad, la administración se inspirarán todas, en las organizaciones científicas.

El campo de actividad de una institución de esta naturaleza es inmenso:

Redacción de los pliegos de condiciones;

Recepción de materiales, máquinas i aparatos.

Peritajes;

Consejera en todos los dominios de la industria, trabajos públicos;

Control técnico i administrativo de las fábricas bajo las bases más científicas;

Estudio de construcciones modernas, vijilancia i recepción;

Investigación i práctica puesta en estado de servicio de nuevos procedimientos de fabricación;

Concepción i realización de máquinas que respondan a un objeto especial;

Un industrial que desee elaborar un producto nuevo, un nuevo tipo de máquina, implantar una industria no conocida en el país... podrá encontrar en ella colaboración relativa a todos los puntos de su empresa.

La Sociedad estudiará las nuevas máquinas que se deben fabricar, las calculará, proyectará los planos, las construirá en sus talleres, las dejará listas, estudiará la utilería necesaria para su construcción i cuya ejecución vijilará, formará el personal técnico i administrativo, instalará la contabilidad, pondrá en marcha la fábrica.

Ella apartará, por decirlo así, todos los riesgos, hará ganar tiempo a los industriales, le evitará muchos gastos inútiles, i pondrá en sus manos un organismo capaz de darle inmediatamente una producción remuneradora.

Por otra parte, también podrá ella tomar la iniciativa en las investigaciones, i ofrecer el fruto de ellas a los industriales o a los financistas; comprar i vender patentes i conservar un cierto interés en los negocios

ya constituidos para explotarlos. Podrá convertirse la Sociedad misma en industrial.

Evidentemente en los primeros tiempos de su desarrollo, la institucion se limitará a actividades relativamente modestas, i si nosotros hemos mostrado las grandes expectativas de su porvenir, solo ha sido para poner en relieve la inmensidad de su campo de accion i las grandes esperanzas de su completo éxito.

CAPITAL NECESARIO

A pesar del concurso de la Universidad de Lovaina, el capital inicial deberá tener una cierta importancia. Se deberá instalar las oficinas administrativas, se deberá procurar ciertos aparatos e instrumentos que faltan en los laboratorios de Lovaina, desarrollar los talleres rudimentarios de construcciones mecánicas i eléctricas que forman parte integrante de un laboratorio cuya reanudacion se prevé, tener un fondo libre disponible para efectuar viajes de estudio, trabajos de investigacion, compra de materias primas, pago del personal, etc.

El capital necesario para la realizacion de los primeros objetivos, ha sido fijado, despues de estudios, en 1,500,000 francos. Será pagado en la forma siguiente:

30% a la constitucion de la Sociedad.

Despues, a partir del tercer mes de su instalacion, 10% mensual hasta el pago completo.

El capital se dividirá en 3,000 acciones de 500 francos cada una; 300 de estas acciones completamente liberadas se destinarán al pago de los aportes, de los trabajos preliminares i de los colaboradores.

PERSPECTIVAS DE UTILIDADES

No es posible prever las utilidades como cuando se trata de la creacion de una industria ordinaria. Sin embargo, cuando se reflexiona en la variedad i poder de sus medios de accion, en hombres, en instalaciones i en capital de que dispondrá el organismo ideado;

Cuando se toma en cuenta las enormes riquezas que han nacido de los laboratorios de investigacion, autores principales de la prosperidad de grandes firmas i aun de grandes naciones;

Cuando se ve a simples ingenieros consultores que no poseen sino medios de accion irrisorios crearse bonitas fortunas;

Cuando en fin, se piensa en el déficit técnico formidable que se debe saldar en nuestras industrias, se puede formar una idea de las expectativas de utilidades del organismo que presentamos.

Tomemos un ejemplo; la solución del problema de la utilización racional del combustible puede representar para la sola Bélgica economías anuales cuantiosísimas. Nosotros producimos por año más de 20.000,000 de toneladas de carbón que al precio actual tienen un valor de 2 mil millones de francos. Este combustible no da un rendimiento medio superior a 15% (i esta apreciación es bastante elevada). Un adelanto que representara la economía de UNA UNIDAD de los 85% perdidos, equivaldría a que el país economizara en un solo año 20.000,000 de francos, de los cuales una parte importante pertenecería al autor del descubrimiento.

REPARTO DE LAS UTILIDADES

Después de las amortizaciones i de la separación de la reserva legal, será distribuido:

- 1.º En primer lugar un 6% al año para el capital suscrito, i esto a prorrata de las sumas ya invertidas.
- 2.º $\frac{1}{3}$ de la mayor utilidad a las acciones del capital.
- 3.º Los dos tercios restantes se destinarán a remunerar el concurso de la Universidad por una parte i de los colaboradores por otra.

En el caso que la remuneración prevista en el punto 3.º haya pasado a cuenta de los gastos jenerales, la totalidad de la mayor utilidad será repartida entre los tenedores de acciones.



Proyecto de establecimiento minero, metalúrgico i técnico industrial de investigación i ensaye

INTRODUCCION

TESORO DEL SUBSUELO.—CAPACIDAD ESPLOTADORA.— RIQUEZA EFECTIVA NACIONAL

Un estudio crítico de la situación económica en que se encuentran las distintas naciones de la tierra revela que, entre los factores que determinan el monto de la riqueza de un país, figuran en primer lugar aquellos que están relacionados con el aprovechamiento de las materias primas que se albergan en su suelo. I si fuera posible espresar por medio de una espresion matemática esa relación entre la riqueza pública i tales factores, quedaría de manifiesto que ésta es una función de la magnitud del tesoro mineral i de la habilidad de sus habitantes para utilizarlo. Además, es preciso tomar en cuenta la edad o grado de madurez de la nación.

Aplicando este criterio a la República de Chile, el factor que llamaremos *tesoro del sub-suelo* adquiere un valor preponderante no sólo sobre la *edad de la nación* sino mui particularmente sobre la *capacidad explotadora* de sus pobladores.

Este país, que ha empleado la primera centuria de su vida nacional en consolidar su existencia de estado independiente, solo ahora entra en una era que promete asumir características industriales. Se esplica pues, de este modo, que, de los abundantes i estensos depósitos minerales, se hayan podido explotar hasta hace poco, sólo aquellos que opusieron ménos dificultades en su estracción i para cuyo beneficio no se necesitaron sino conocimientos técnicos mui rudimentarios. Agotadas estas fuentes de riqueza (afloramientos i zonas superiores enriquecidas por alteraciones secundarias), la actividad minera, que se apoyaba en procedimientos primitivos, técnica i económicamente ineficaces, tuvo forzosamente que fenecer.

Hasta que en estos últimos años, ha cabido a compañías estranjeras el demostrar que, por la sola adopción de métodos adecuados de explotación i de beneficio, estensas zonas del territorio nacional que ántes habian debido ser consideradas como virtualmente estériles (broceadas), han tomado así, proporciones de yacimientos metalíferos de grande importancia. Además,

la creciente demanda mundial de combustibles fósiles ha venido tambien a fomentar el interés por esos materiales, como lo comprueban los nuevos derechos carboníferos que se han constituido en el sur. Por otra parte, la restriccion del comercio de importacion causada por la guerra, hizo sentir la escasez de muchos artículos necesarios para la vida, como ser, objetos de porcelana, vidrio, greda calcinada, lo que incitó a buscar materias primas no metalíferas, esfuerzos que alcanzaron luego algun éxito.

Sin embargo, nuevas faenas de explotacion de tan valiosas sustancias tardan en surgir, i si algunas han logrado constituirse, no siempre han tenido éxito, debido a la inesperienza o falta de conocimientos de sus organizadores. Es que el factor *capacidad explotadora*, en jeneral, es todavia de reducido valor.

Hemos dejado establecido que el término *tesoro del sub suelo* es de considerable magnitud, i que el factor *edad de la nacion* puede espresarse hoi dia, por una cifra apreciable; sólo falta pues, provocar un incremento de correlativa importancia de la *capacidad explotadora* para que, gradualmente llegue a alcanzar su verdadero valor la *riqueza efectiva* nacional.

Como una medida para elevar dicho factor a un nivel que corresponda a la importancia de los demas i asegurarlo sobre el único sólido cimiento que hai, cual es, *conocimientos i experiencia*, cabe al Estado la instalacion de Laboratorios i planteles de Ensaye, que tengan por tarea el ayudar en sus esfuerzos al descubridor i al industrial, prestándole todos aquellos servicios que, segun hemos espuesto, dejan sentir su falta. Los interesados podrán solicitar en ellos el exámen de minerales metalíferos i las indicaciones necesarias sobre su mejor procedimiento de beneficio; informes sobre materias primas kaolinosas, su composicion química i mineralógica, sus propiedades físicas i su utilizacion práctica; o bien someter a la experimentacion una sustancia fósil i obtener informacion completa sobre las expectativas que ofreceria el hallazgo para alimentar con ella un gasójeno destinado a un motor de combustion interna. I así muchos otros ejemplos.

Las principales causas que mantienen tan bajo el nivel de dicho factor son en Chile las mismas que se han observado en todos los paises nuevos. Por ejemplo, el que ha descubierto una sustancia, que por sus aspecto peculiar atrajo su atencion, no encuentra en la mayoría de los casos, establecimientos o personas que sepan ensayarla i señalarle, al mismo tiempo, su aplicabilidad. Aun logrando ilustrarse en la materia, no sabrá la manera de utilizarla ni el procedimiento conveniente i económico que seria menester emplear, ignorando la calidad del producto i la utilidad probable de la faena. Enviar muestras de la sustancia descubierta al extranjero para que allá se efectúen tales investigaciones, resulta caro i demoroso, especialmente en la actualidad con el alza de las tarifas en esos laboratorios i teniendo que afrontar todas las dificultades debidas al transporte.

Es así como se sofoca en el jérmén mismo el entusiasmo industrial que un hallazgo fortuito despierta en el descubridor, i he aquí un caso mas de un depósito mineral que permanecerá inexplorado i en el que talvez hubieran podido fundarse francas expectativas.

Puede suceder, lo que seria aun peor, que se organizara una faena sin base sólida, adoptando procedimientos i planteles inapropiados a una materia prima no estudiada científicamente, i el resultado de todo será un fracaso seguro.

Conforme a estas indicaciones, bastante extenso será el campo de actividades de una empresa fiscal de esta índole, que vendrá a llenar una necesidad no sólo de interes a la industria particular, sino mui especialmente, a servicios públicos tales como los Ferrocarriles, las Obras Públicas i las Industrias Militares i Navales, que hallarán informacion acertada sobre materiales de construccion, armamentos, aceros especiales, aleaciones metálicas, etc. Asimismo, será posible ilustrar a la Justicia en casos de litijios por accidentes o perjuicios causados por fallas en los materiales de construccion, metálicos o cerámicos.

Ahora bien, a fin de desempeñar todas estas labores con el máximum de eficiencia i atencion que cada caso requiere, i conseguir unidad de control i colaboracion acertada de las diversas reparticiones, se impone la organizacion de un *Establecimiento Minero-Metalúrgico i Técnico-Industrial de Investigacion i Ensaye*, compuesto de distintas Secciones, cada una de las cuales corresponda a una fase importante de la actividad técnico-industrial del pais, ya sea que existan al presente o, sobre su implantacion, hayan fundadas expectativas.

Procederé en lo que sigue a desarrollar un programa de organizacion, indicando brevemente las principales funciones o tareas que, en conjunto, van a señalar el campo de actividades de cada Seccion.

ESTABLECIMIENTO MINERO-METALÚRGICO I TÉCNICO INDUSTRIAL DE INVESTIGACION I ENSAYE

PROGRAMA

I.—SECCION PREPARACION MECÁNICA I CONCENTRACION

A.—Minerales metalíferos

1. Concentracion hidrogravitacional.
2. Flotacion.
3. Separacion magnética en seco i húmedo.
4. Separacion electrostática.

Tareas principales: Concentracion de minerales sulfídicos de cobre,

plata, plomo; minerales auro i arjento piritosos; minerales de estaño, molibdeno, tungsteno i grafito.

B.—Carbones de calidad inferior.—Carboncillo

Procedimientos hidrogravitacionales de separacion.

Secamiento, molienda i pulverizacion.

Tareas principales: Descenizamiento de carbones de calidad inferior.—Pulverizacion de carboncillo para emplearlo como combustible en hornos de reverbero.

II.—SECCION METALÚRGICA

A.—Procedimientos secos

1. Preparatorios para los fines de lixiviacion posterior.

Tuesta oxidante, sulfatizante o clorurante de minerales sulfídicos de baja lei de cobre.

Tuesta oxidante de concentrados auro i arjento piritosos.

Tuesta oxidante, sulfatizante o clorurante de minerales sulfídicos de plata.

2. Aglomeracion.

Tuesta fritante de concentrados piritosos en hornos de reverbero jiratorios.

B.—Procedimientos húmedos

1. Cobre.

Lixiviacion de minerales oxidados o sulfídicos de cobre en estado crudo o tostados con los disolventes:

a) Acido sulfúrico.

Procedimientos del tipo: Arizona, Butte-Duluth, Chuquimata, etc.

b) Acido sulfuroso.

Procedimientos del tipo: Neill, Van Arsdale i otros.

c) Sulfato férrico.

Procedimientos del tipo: Cananea, Morenci, Siemens-Halske.

d) Cloruro ferroso.

Procedimientos del tipo: Hunt & Douglas, modificado, O. Hofman.

e) Cloruro férrico.

Procedimientos del tipo: Doetsch, Froelich, etc.

f) Cloruro cúprico.

Procedimientos del tipo: Hoepfner.

- g) Lejía de torre de absorcion (de los gases que emanan de la tuesta clorurante de minerales cupropiritosos).
- h) Amonio i carbónato de amonio.

Procedimientos del tipo: Mosher-Ludlow, Benedict, (Calumet & Hecla).

Se recupera el cobre disuelto, segun el carácter del procedimiento empleado, por electro-depositacion o por precipitacion con fierro, sulfuro de fierro, hidrójeno sulfurado, ácido sulfuroso, polisulfuros de calcio o sodio en solucion acuosa, o mediante la espulsion del disolvente por calentamiento.

Se presta atencion a los problemas sobre la rejeneracion del disolvente i la devolucion de las lejías desmetalizadas i viciadas a la circulacion, en ciclos continuos de operacion (tomando en cuenta la escasez de agua en las rejiones áridas de Chile septentrional i la necesidad de recojer los restos de cobre que todavía contenga la lejía).

2. Plata.

Lixiviacion de minerales con cloruros, bromuros, yoduros o sulfuros, sulfo-antimoniuros i sulfo-arseniuros de plata en estado crudo o tostados con los disolventes:

- a) Tiosulfato de sodio o calcio.

Procedimientos del tipo: Patera, Kiss.

- b) Agua acidulada.

Procedimientos del tipo: Ziervogel, Malsch-Hennes.

- c) Cianuracion.

Con i sin amalgamacion previa.

Se recupera la plata disuelta, segun el carácter del procedimiento empleado, por precipitacion con cobre o zinc, o con polisulfuros de sodio o calcio.

Se presta atencion especial a los problemas de la rejeneracion del disolvente i la devolucion de las lejías desmetalizadas i viciadas a la circulacion, en ciclos continuos de operacion.

C.—Procedimientos electrometalúrgicos

1.—Refino electrolítico de cobre, con estraccion de los metales nobles del fango de ánodo.

2.—Esperimentos de electrolizacion directa de ejes i minerales cupríferos.

3. Oro (i plata).

Lixiviacion de minerales auríferos i arjentíferos oxidados o piritosos.

- a) Con amalgamacion previa.

b) Sin amalgamacion.

Se precipita por zinc o carbon vegetal.

Se presta especial atencion a los problemas sobre la devolucion de la lejía precipitada al ciclo de operaciones i a la eliminacion de las sales metálicas que la vician, en particular de las de cobre.

III.—SECCION METALOGRAFICA

A. Investigacion i análisis metalográfico de aleaciones metálicas, especialmente de los aceros técnicos.

B. Resistencia de materiales metálicos, en particular de cables de elevacion i cadenas.

C. Reproducciones microfotográficas.

IV.—SECCION QUÍMICA

A. Análisis cualitativos i cuantitativos.

B. Análisis de combustibles i sustancias betuminosas (esquistos).

Ensayes de destilacion fraccionada de sustancias betuminosas, leña i alquitran, etc.

C. Análisis de aguas potables i minerales.

Determinacion de radioactividad.

D. Análisis espectrales.

E. Ensayes docimásicos.

V.—SECCION CERÁMICA

A. Investigacion de las propiedades físicas i químicas de esquistos, arcilla, roca-femento, kaolin, etc., i ensayes acerca de su utilizacion en las industrias correspondientes.

Investigacion i ensaye de materias primas refractarias i productos del comercio sobre su aplicabilidad en la construccion de hornos, especialmente para fines metalúrgicos.

VI.—SECCION UTILIZACION DE LEÑA I COMBUSTIBLES FÓSILES EN GASÓJENOS. ENSAYES PRÁCTICOS.—ESTACION DE FUERZA MOTRIZ

A. Ensayes sobre coqueficacion de los carbones nacionales.

B. Gasójenos de diversos sistemas.—Gasójenos especiales para carbones impuros, con escorificacion de la tosca mediante fundentes ferríferos.—Produccion de alquitran.

C. Motor a gas de 30 a 40 HP. para emplearlo en la determinacion

del rendimiento efectivo de los combustibles; con dinamo i tablero de distribución, que suministre energía eléctrica a todos los servicios del Establecimiento.

ORGANIZACION

Así constituido el Establecimiento, estaria a cargo de un Director i de un personal técnico i administrativo, organizado en la siguiente forma para cada una de las secciones I, II, IV, V i VI:

Un Jefe especialista.
Un Ingeniero ayudante, i
Dos Ayudantes universitarios.

La seccion III quedaria suficientemente atendida por un Jefe metalurjista i un Ayudante universitario.

Sin embargo, al comienzo i durante el primer período, las secciones I i II podrian estar bajo la direccion de un solo Jefe especialista en Metalurjia, conservando, por lo demas, cada una su independencia orgánica. En igual forma, las secciones IV i V reconocerian, al principio, a un mismo Jefe Químico.

La seccion VI contará, ademas del Ingeniero Ayudante, con un Ingeniero que tendrá a su cargo lo relacionado con la maquinaria de todas las secciones, desde el punto de vista mecánico, actuando como consultor técnico en ese ramo el Jefe de ésta.

Hai que asignar a cada seccion su correspondiente personal de oficiales mecánicos i mozos, especialmente a aquellas en que funcionan máquinas i hornos metalúrgicos.

La Administracion se compondrá de un Secretario, un Contador i un Escribiente, dado el carácter comercial e industrial de la institucion.

En cuanto a su ubicacion, opino que es conveniente que funcione en Santiago, i para precisar mas, en íntimo contacto con la Universidad de Chile, no sólo en lo que se refiere a su situacion local sino respecto a sus fines esenciales.

En esta forma, los laboratorios i demas instalaciones pueden servir, al mismo tiempo, para dar relieve a la enseñanza universitaria en las cátedras correspondientes a las secciones de este plantel, llenándose ampliamente, de este modo, la aspiracion de dar preparacion práctica a los estudiantes de Ingeniería, de cuyas filas saldrá el personal del Establecimiento.

Con el fin de asegurar la idoneidad del personal, es preciso que los primeros universitarios que aspiren a ocupar los puestos que se han señalado, vayan al extranjero a adquirir la experiencia i la práctica indispen-

sables al desarrollo de la labor que se les deberá encomendar; i para esto, el suscrito ha comenzado ya a interesar empresas extranjeras, dedicadas a trabajos que dicen relacion con varios de los ramos de que se trata, para aceptar ingenieros titulados en la Universidad de Chile en sus laboratorios o faenas, por un período determinado, i donde será fácil la trasformacion de un ingeniero titulado en ingeniero industrial.

Indispensable es tambien facilitar en lo posible el transporte de los materiales que recibirá continuamente el establecimiento para la investigacion, razon por la cual deberá quedar próximo a algun desvío del ferrocarril. Resulta de todas estas consideraciones que el sitio mas adecuado a su ubicacion, está en las inmediaciones de la nueva Escuela de Ingenieria, frente al Parque Cousiño, cerca de un desvío militar que allí existe.

Es oportuno anotar la necesidad de construir un edificio que se adapte especialmente a la índole de cada uno de los trabajos que se ejecutarán en las diferentes secciones, algunas de las cuales producen ruido o vibracion, como son la primera i la cuarta secciones. I no está demas insistir en la conveniencia absoluta de no proyectar corredores abiertos ni patios, para aquellas que cuentan con instrumentos delicados i para las oficinas; consultándose, en cambio, una instalacion de calefaccion central, pues de otro modo, en un ambiente desprovisto de cierto confort, teniendo que permanecer largas horas en un trabajo sedentario, inherente a ciertas observaciones, no es posible desarrollar labor efectiva. Por lo demas, la conservacion misma del instrumental se hace mui difícil en las condiciones espuestas.

RESULTADOS ECONÓMICOS

No terminaremos sin apuntar brevemente los beneficios positivos que reportará a la Nacion un Instituto organizado segun las bases esbozadas mas arriba; i se podrá apreciar esto con mayor claridad, si se toma nota de lo que otros paises han hecho al respecto, particularmente aquellos que guardan ciertas analogías con Chile en cuanto se refiere a su estado de desarrollo i naturaleza de las materias primas que pueden producir. Invocaremos el ejemplo que nos proporcionan el Canadá, los dominios británicos de Australia i, en sus comienzos, la Union de Africa del Sur. I si revisamos las estadísticas de esos paises observaremos que el comercio de importacion de artículos cuya fabricacion depende de las materias primas de la rejion, experimentó considerable descenso despues de la implantacion de los servicios que venimos estudiando, i en cambio, se notó un alza halagadora en la esportacion de los productos metálicos, etc., lo que, es sabido, se traduce en un aumento jeneral de la riqueza pública.

EDIFICIO

CONSTRUCCION I ESTILO ARQUITECTÓNICO

El edificio que ha de albergar las instalaciones del ESTABLECIMIENTO MINERO-METALÚRGICO I TÉCNICO-INDUSTRIAL DE INVESTIGACION I ENSAYE, debe ser de construcción sólida i estar dotado de servicios de gas de alumbrado con suficiente presión, corriente eléctrica, así para la luz como para suministrar energía a los motores, hornos, etc., i especialmente, calefacción central.

Por otra parte, es recomendable que el interior de salas i laboratorios sea de estilo sencillo, análogo al interior del edificio Ariztía, i en la fachada debería llevar estampado el objeto al cual se le destina, es decir, netamente industrial.

Según el programa desarrollado en las páginas anteriores el Establecimiento deberá constar de las siguientes reparticiones i servicios:

I.—SECCION PREPARACION MECÁNICA I CONCENTRACION

- a) Trituración i Molienda.
Húmeda i seca.
- b) Concentración hidrogravitacional.
 - 1.—Minerales.
 - 2.—Carbon.
- c) Flotación.
- d) Separación magnética.
- e) Separación neumática.

II.—SECCION METALÚRGICA

- a) Procedimientos secos.
- b) Hidrometalurgia.

III.—SECCION METALOGRÁFICA

- a) Análisis.—Laboratorio.
- b) Taller de resistencia.

IV.—SECCION QUÍMICA

- a) Análisis.
- b) Análisis espectral i radioactividad.
- c) Ensayes docimásicos.

V.—SECCION CERÁMICA

- a) Laboratorio.
- b) Ensayes de cemento i productos cerámicos i refractarios.

VI.—SECCION COMBUSTIBLES I GASÓJENOS.—ESTACION DE FUERZA MOTRIZ

- a) Gasójenos i motores.
- b) Jeneradores eléctricos.

VII.—SECCION ADMINISTRACION.—SECRETARÍA I BIBLIOTECA

- a) Oficinas i archivo.
- b) Biblioteca.

Deberá consultarse, ademas, un taller de composturas, oficina para un maestro, bodegas para los materiales i repuestos i una sala con anexos para los operarios.

Presentado por BERTH KOERTING,
Profesor de Explotacion de Minas i de Metalurgia
de la Universidad de Chile.



Principios sobre lixiviación del cobre ⁽¹⁾

En el Boletín de Junio del Instituto Canadiense de Minería i Metalurgia viene un artículo de Frank E. Lathe, Químico jefe de la British América Nickel Corporation, sobre los «Principios de lixiviación i precipitación del cobre». Reproducimos casi en su totalidad esa publicación.

Hace 10 a 15 años los metalurgistas predijeron un porvenir brillante para los procedimientos de lixiviación. Se había experimentado satisfactoriamente diferentes métodos i todos parecían apropiados para la aplicación comercial. Sin embargo, en esa época ocupaba una situación preponderante la flotación con aceite que aunque no completamente estudiada en cuanto se refiere a la teoría, había tenido comercialmente un éxito completo que relegaron a la lixiviación a un segundo término. La razón principal de los rápidos progresos de la flotación en comparación de la lixiviación es su semejanza a la concentración ordinaria de gravedad, a la cual completa cuando es muy débil como en el caso de tratamientos de fangos. Por otra parte, la lixiviación no se adapta al tratamiento de fangos i requiere una planta diversa con nuevas instalaciones, química diferente i nuevos métodos de control. En definitiva, la flotación ha avanzado más rápidamente que la lixiviación, pero actualmente ambas están instituidas sólidamente i un metalurgista que desee estar al día en el progreso moderno debe estudiar ambas bien a fondo. Al considerar la posibilidad de lixiviar ciertos minerales o ciertas colas es preciso investigar diversos puntos importantes. El presente artículo es un ensayo hecho para responder a esos puntos de vista del éxito reciente de algunas grandes plantas.

En la tabla «I» se encontrará una lista de las principales plantas lixivadoras de América, con informaciones específicas de cada una. Junto a éstas, varias otras Compañías mineras practican la lixiviación de minerales de cobre de baja ley en escala moderada, i también se investigan muchos procedimientos.

(1) Traducido de la revista «The Mining Magazine», Londres, por el Servicio de Minas i Jeología.

Las diferentes operaciones a que se somete un mineral se tratarán de una en una i los puntos principales se considerarán con cierto detalle.

MOLIENDA.—Se debe considerar muchos factores al elejir el tamaño mas apropiado para la lixiviacion. En la lixiviacion en montones que demora de uno a dos años servirá satisfactoriamente un tamaño de varias pulgadas. En cambio si el mineral se lixivía en estanques el gasto inicial de instalaciones es considerable i el tiempo pasa a ser un factor importante que se deberá tomar mui en cuenta.

La molienda fina posee las siguientes ventajas:

1) Libera los minerales de cobre de una manera mas perfecta i de aquí tiende a mejorar la estraccion.

2) Aumenta la capacidad de la planta disminuyendo el tiempo necesario para disolver el cobre.

3) Si el disolvente es el ácido sulfúrico, que se usa jeneralmente, se necesitará ménos de él, por la razon siguiente: cuando hai trozos grandes de mineral, el ácido disuelve primero los minerales de cobre de la zona superficial i durante este tiempo no tiene una gran accion en la ganga; a medida que la accion del disolvente progresa hácia el centro va disminuyendo poco a poco en intensidad i el ácido está miéntras tanto en contacto íntimo con la porcion exterior lixiviada. Parte del ácido será neutralizado por los minerales básicos de la ganga; a la inversa, si el mineral hubiera sido molido mas fino se habria retirado el ácido de los estanques ántes de esta neutralizacion.

4) Por la misma razon del menor consumo de ácido se tendrá las soluciones mas libres de impurezas.

Por otra parte, si el mineral se tritura demasiado fino ocasionará los siguientes inconvenientes:

1) La molienda representará un gasto considerable.

2) El demasiado polvo viciará el edificio de la planta de molienda con el correspondiente perjuicio para los obreros. En la preparacion para la lixiviacion la molienda se hace en seco, cuando es posible, por razones que veremos mas tarde.

3) Las pérdidas en el polvo serán considerables cuando quiera que se mueva el mineral en el edificio de la planta de molienda i particularmente cuando cae del puente de carga a los estanques de lixiviacion. Esto parece ser un detalle sin importancia, pero el polvo es jeneralmente mas rico i las pérdidas de cobre son a veces suficientes para aparecer en la estadística mensual.

4) El fango se lixivía mui mal sino se ajita, i esto no se hace todavía en ninguna planta comercial construida. La estraccion es jeneralmente mejor en arenas finas.

5) Se pueden formar vias de circulacion en los estanques de manera

que el fango impedirá que actúe el disolvente aun en los trozos de mayor dimension.

6) Los rípios detendrán mas humedad despues que la lixiviacion i el lavado hayan terminado, con la correspondiente pérdida en forma de cobre disuelto en el agua.

Cuando el mineral de cobre se presenta principalmente en colpas surcadas por vetillas, como sucede en Chuquicamata, Ajo i otras partes, la molienda no necesita ser mas fina que media pulgada para obtener una buena estraccion. En Lake Linden, por otra parte, las colas de 3/16 de pulgada deben molerse aun mas, hasta que pasan por 28 mallas. En Anaconda el 75 a 80% de las arenas de relave que se lixivian pasan por 20 mallas i no necesitan nueva molienda.

La maquinaria chancadora que se emplea para preparar el mineral para la lixiviacion no difiere mucho de la que se encuentra comunmente en las plantas de concentracion por gravedad. Los molinos horizontales Symons de discos son los preferidos en los trabajos corrientes, miéntras que los rodillos i los Symons verticales sólo se usan hasta cierto punto. Los Symons verticales i rodillos finos reducen hasta media pulgada. Los molinos de bolas Calumet i Hecla, se usan para molienda fina.

En Chuquicamata se ha empleado recientemente un dispositivo para evitar la molestia del polvo en el edificio de la planta de molienda. El polvo se estrae por ventiladores i se conduce por medio de cañerías a una gran cámara de madera de depositacion de las cuales el polvo se saca i se lleva a los estanques de lixiviacion.

SEPARACION DEL FANGO.—Si el mineral que se va a lixiviar es de media pulgada no es necesario separar el fango ántes de su lixiviacion con ácido sulfúrico. La planta de Anaconda trata un relave que no contiene gran cantidad de fango i aquí basta la percolacion. La carga en Kennecott contiene fango en pequeña proporcion i la de Lake Linden en mayor cantidad; en ésta el material que pasa por 200 mallas va en el rebalse a los estanques de depositacion en forma de V; tales fangos pueden lixivarse bien sin agitacion i debe tratarse por flotacion.

TUESTA.—Debido a los gastos subidos de esta operacion se procurará suprimirla en lo posible i aun muchos técnicos creen actualmente que la necesidad de tostar un mineral escluye por completo el procedimiento de lixiviacion. Esta conclusion no es del todo justificada. La Anaconda tuesta colas con 3,3% de carbon i obtiene ganancias cuando trata un mineral de cobre de un porcentaje tan bajo como 0,5%. Partiendo de este caso no hai razon para suponer que la lixiviacion no tenga aplicacion simplemente porque los minerales de cobre no sean directamente solubles en el ácido sulfúrico. Cuando la tuesta se usa como preliminar de la lixiviacion, el proceso combinado llegará en muchos casos a ser un competidor serio de

la flotacion. Se ha experimentado con la tuesta i la lixiviacion en gran escala, aun en productos de la flotacion u otros concentrados, i se asegura que estos sulfuros mezclados pueden tostarse hasta hacer soluble el 95% del cobre i no mas de 1% de fierro, en cuyo caso seria hacedera la precipitacion electrolítica.

Los fines principales de la tuesta consisten en aumentar la solubilidad del cobre i disminuir la de la ganga. Los sulfuros de cobre son casi insolubles en las soluciones ordinarias de lixiviacion, mientras que los sulfuros de fierro son a menudo totalmente solubles. Jeneralmente sucede todo lo contrario con los óxidos. Por lo tanto, con la tuesta se obtiene estos dos fines muy deseados i en añadidura aglomera las partículas finas, de modo que la percolacion puede realizarse con mucho mayor rapidez. En algunos casos, al mismo tiempo, se volatilizan parcialmente ciertas impurezas como el arsénico i el antimonio.

La oxidacion de los sulfuros necesita del libre acceso de aire i ademas tiene importancia el control de las temperaturas. A una temperatura baja se forman sulfatos de cobre i fierro que se descomponen al elevarse las temperaturas primero el de fierro i despues el de cobre, así que la temperatura mas adecuada es aquella a la cual el sulfato de fierro se descompone rápidamente en anhídrido sulfúrico (SO_3) i óxido de fierro i en cambio el sulfato de cobre permanece sin descomponerse. Esta temperatura es alrededor de 550° C. Laist asegura que si la temperatura es demasiado alta, parte del cobre llegará a ser insoluble en todos los ácidos, escepto en el fluorhídrico. Esto no sucederá, sin embargo, hasta que la temperatura sea mas alta que la necesaria para descomponer el sulfato de cobre que es de 650° a 700° C. Si el calor es suficiente para trasformar los sulfuros, posiblemente quedará parte del cobre como sulfuro no descompuesto i parte como óxido i no todo como sulfato, que es la forma mas apropiada para evitar el consumo de una gran cantidad de ácido.

Algunas veces se agregan sustancias químicas, ya sea de la carga o al producto tostado. De estas sustancias químicas la sal comun es la mas corriente i cuyo objeto es hacer soluble la mayor parte del cobre en soluciones clorhídricas, aun en ausencia del ácido, i es especialmente útil para convertir la plata i el oro en cloruros que son tambien fácilmente solubles. Ademas, la presencia de sal aumenta la accion oxidante del aire. Cuando se inició la primera lixiviacion en Anaconda, se agregó, despues que la operacion de tuesta terminaba, cerca de 1,5% de sal para aumentar la extraccion de la plata, pero dejó de usarse hace mas o ménos dos años principalmente debido al costo de la sal puesta en Anaconda.

Como Anaconda tiene la única planta de tuesta de minerales o colas en grande escala como preliminar a la lixiviacion, puede tener interes una lijera descripcion de la planta. La tuesta se lleva a cabo en hornos Mc Dougall

modificados de 6 hogares de 20 piés de diámetro i el carbon se quema en el tercer hogar. La temperatura en este hogar, el mas caliente, es de cerca de 535° C. El control se hace por medio de una serie de pirómetros registradores. El azufre en la carga es de mas de 2% i se reduce a cerca de 0,5%, una parte del cual se encuentra en el material tostado como sulfato soluble. Cada horno tiene una capacidad cercana a 75 toneladas en 24 horas. Como ya se ha dicho mas arriba el consumo de carbon sólo alcanza alrededor de 3,3%; parte del calor utilizado lo suministran la oxidacion del azufre i del fierro.

DISOLVENTES.—El disolvente ideal debe ser barato, fácil de trasportar o susceptible de ser preparado en la planta misma donde se emplea, no volátil, se debe recuperar fácilmente de las soluciones despues de la correspondiente precipitacion comercial del cobre. Tambien, cuando se le considera en relacion con un determinado mineral, debe disolver completamente el cobre sin atacar la ganga.

Las plantas modelos emplean en la lixiviacion diversos disolventes, incluyendo en éstos el agua, ácido sulfúrico i sulfato de varios metales, ácido clorhídrico i varios cloruros, amoníaco i sales amoniacaes, ácido sulfuroso, ácido nítrico i otros. Ninguno de ellos se acerca bastante al disolvente ideal, i la mayor parte se aleja tanto que es quimérico pensar usarlos en trabajos comerciales en gran escala.

De los disolventes citados el ácido sulfúrico es el mejor; representa mas o ménos el 75% del total de los disolventes que actualmente se usan en la lixiviacion del cobre. Ofrece las siguientes ventajas:

- 1) El disolvente mas barato esceptuando el agua.
- 2) Frecuentemente se puede elaborar en la misma planta donde se le va a usar, talvez utilizando con este objeto los gases que se desprenden de la tuesta.
- 3) Se rejenera fácilmente por la electrolisis de las soluciones que contienen el cobre.
- 4) El cobre estraido es mui puro i bastan los hornos corrientes para el refinamiento que se da a todo cobre de alta pureza para hacerlo adaptable a la fabricacion de alambres, etc.
- 5) No es volátil i por lo tanto de fácil manejo. El ácido sulfúrico posee, sin embargo, algunas desventajas que impiden en absoluto su uso en ciertos casos. Por ejemplo:
 - 1) No disuelve el cobre metálico.
 - 2) Disuelve sólo la mitad del cobre en la cuprita, dejando el resto en forma de metal.
 - 3) Ataca fácilmente a los carbonatos de calcio i fierro, que existen frecuentemente en los minerales de cobre, consumiendo así gran cantidad de ácido e impurificando las soluciones.

4) Tiene alguna accion sobre los óxidos i silicatos de fierro i aluminio que al viciar las soluciones orijinan molestias.

El amoniaco, o carbonato de amonio, se usa en las plantas modernas de Calumet i Hecla i Kennecott, i es, por lo tanto, interesante examinar su accion como disolvente. Por una parte: 1) Es caro. 2) No es posible rejerenerarlo en la electrolisis de las soluciones. 3) El cobre estraído de las soluciones amoniacaes requiere un tratamiento posterior. 4) Es volátil i por lo tanto de dificil manejo. Estas desventajas demuestran que no se puede esperar que el amoniaco vaya a competir con el ácido sulfúrico en el campo de accion de este último. En cambio, por otra parte el amoniaco: 1) Disuelve con facilidad el cobre metálico. 2) Disuelve tambien fácilmente la cuprita. 3) No ataca a los carbonatos de calcio o de fierro. 4) No ataca los compuestos férricos i los del aluminio. 5) Se recupera completamente por la destilacion, i en consecuencia no se vician las soluciones.

El amoniaco se adapta precisamente a aquellos casos en que no tiene aplicacion el ácido sulfúrico. Esto se demuestra bien si consideramos que existen dos plantas que emplean la lixiviacion por el amoniaco. En Calumet i Hecla, donde se disuelve el cobre nativo del relave de los molinos, no se podria usar el ácido sulfúrico debido a que no tiene accion sobre el cobre metálico. En la planta de Kennecott, donde los carbonatos de cobre aparecen en calizas dolomificas, el ácido sulfúrico disolveria el cobre, pero tambien descompondria la ganga con igual facilidad.

El ácido sulfuroso, es decir, una solucion de anhídrido sulfuroso, ha sido objeto de numerosas esperiencias i es mui posible que llegue a usarse en gran escala, precipitando el cobre por medio del fierro viejo o en otra forma. En la mayoría de los casos, sin embargo, será preferible oxidarlo a ácido sulfúrico, haciendo factible la electrolisis de las soluciones i evitando así las dificultades ocasionadas por los gases.

Las sales férricas son buenos disolventes del cobre metálico u oxidado i aun de la chalcocita. Una de sus principales ventajas es la de no atacar, jeneralmente, la ganga. La dificultad está en que las sales férricas son reducidas durante el procedimiento i no es tan sencillo efectuar de nuevo su oxidacion completa. Ademas no es posible la precipitacion electrolítica. El sulfato férrico se aplica en la lixiviacion en montones con precipitacion por fierro viejo.

Ninguno de los otros disolventes tiene una importancia suficiente para preocuparnos en este lijero resúmen.

De lo dicho se desprende, en cuanto se refiere a la práctica presente, que el ácido sulfúrico i el amoniaco son los disolventes que ocupan un lugar preponderante. I aunque los otros no son probablemente adecuados para aplicarlos en gran escala, no se debe olvidar que hace apenas 10 años la

aplicacion del amoníaco como procedimiento comercial parecia ser un sueño.

PROCEDIMIENTO DEL ÁCIDO SULFÚRICO.—Si el mineral por lixiviar se compone de un material relativamente uniforme i fino, la distribucion de la carga en los estanques no merece una atencion especial, por ejemplo en Anaconda. Pero cuando el mineral contiene trozos de tamaños que varian desde aproximadamente una pulgada hasta el fango mas fino, deben tomarse precauciones para evitar vias de circulacion en el mineral grueso por las cuales pasaria una cantidad excesiva de solucion en perjuicio del resto de la carga. Los grandes estanques son jeneralmente rectangulares i se cargan por correas transportadoras. Un puente distribuidor automático reparte el mineral por todo el ancho del estanque. Los estanques son jeneralmente de 10 a 15 piés de profundidad, i da un mejor resultado llenar toda una seccion del estanque en toda su profundidad en una sola vuelta. El material grueso cae al fondo estableciéndose una suerte de estratificacion que es preferible a otras formas de depositacion.

Se ha sugerido que el mejor método para cargar el estanque consiste en agregar el mineral estando ya la solucion en el estanque. Al hacerlo en gran escala, sin embargo, se ha encontrado que esta práctica da lugar a muchas clasificaciones i que la percolacion i la solucion del cobre son mas lentas.

La seccion del proceso de lixiviacion que presenta mayores dificultades al operador poco acostumbrado es la que se refiere a la circulacion de las soluciones. I ademas cada planta tiene un sistema propio siendo casi imposible jeneralizar. Para el objeto de este artículo el autor ha escogido como ilustracion el método que parece mas racional i de aplicacion mas jeneral, a saber, el usado por la Chile Exploration Co., en Chuquicamata. El autor distingue las diferentes soluciones por letras en orden alfabético que corresponde al orden en que se van a emplear, desde la letra A a F. Así por ejemplo, A es la que va de los estanques de lixiviacion a los estanques electrolíticos despues de purificarse en el camino; B i C son dos soluciones lixiviadoras que disuelven el mineral; D, E, F, las tres soluciones de lavado previas al agua. Merece mencionarse aquí que cada una de estas soluciones tiene su correspondiente estanque en el cual se almacena cuando no actúan en algún estanque con mineral. Los análisis que daremos de las soluciones son solo aproximados debido a las variaciones que ellas experimentan. La tabla N.º 2 es un esquema ilustrativo del trabajo que describimos.

TABLA N.º 2. CICLO DE LIXIVIACION EN CHUQUICAMATA

Solucion	Metros cúbicos de entrada	Metros cúbicos de salida	Solucion
Humedad	100	...	
B	3,200	3,800	A
D	600		
C	3,200	3,200	B
D	2,600	3,200	D
E	3,200	3,200	E
F	2,500	2,500	F
Agua	1,400	900	(en relaves)
	<hr/> 16,800	<hr/> 16,800	

La primera solución que se lleva a un estanque recién cargado de mineral es B, (Cu 25 g. p. l.; H_2SO_4 , 45 g. p. l.) Esta entra por el fondo del estanque con el objeto de mantener el fango lo más lejos posible del filtro i en cantidad suficiente para cubrir el mineral. Se le deja en el estanque de 4 a 8 horas, tiempo que depende de las necesidades de la casa electrolítica i en seguida se saca, ya como A, (Cu 55 g. p. l.; H_2SO_4 20 g. p. l.) Tan pronto como se inicia la descarga de la solución se la reemplaza con solución D de primer lavado (Cu 15 g. p. l., H_2SO_4 28 g. p. l.) i su cantidad varía con la ley que se estima para el mineral.

Toda la solución que se extrae se envía al estanque A hasta que la ley de ella baja a 30 g. p. l., i su volumen será mayor que el B. inicial; mayor, si el cálculo ha sido correcto, en el volumen usado de la solución D.

Después de la pequeña cantidad D se agrega un gran volumen de C (Cu 13 g. p. l.; H_2SO_4 80 g. p. l.) que es el electrolito que vuelve de la casa electrolítica. Esta solución fuertemente ácida ocasiona la tarea más difícil de la lixiviación, i de aquí que se deje en contacto con el mineral el mayor tiempo posible, generalmente cerca de 36 horas. Al final de este período se la retira convertida en la solución B, al mismo tiempo que se añaden nuevas soluciones de lavado, primero el resto de D i en seguida E (Cu 8 g. p. l.; H_2SO_4 12 g. p. l.), después F (Cu 4 g. p. l.; H_2SO_4 5 g. p. l.) i por último agua fresca de lavado, en rápida sucesión. Al descargar estas soluciones la división entre ellas no se hace como en el primer caso, por análisis del cobre, sino por volumen, i así el resto de D con una pequeña parte de E se envía al estanque D, el resto de E con una pequeña porción de F va al estanque E i el resto de F con toda el agua de lavado se envía al estanque F.

La cantidad de agua de lavado necesaria para la operacion es la suma de la solucion que bota la casa electrolítica, de la que se evapora en el circuito i de la que queda en el ripio como humedad, ménos por supuesto la humedad primitiva del mineral. En Chuquicamata la humedad del mineral es mui pequeña, pero vale la pena mencionarla porque ella evita la mojadura del mineral en la planta de molienda. Si se desea conseguir que del cobre soluble en agua se pierda ménos de 0,01% es necesario usar cerca de 1,300 tons. de agua por estanque de 10,000 tons. Despues de lavar el estanque se drena durante 12 a 24 horas, el tiempo mayor se necesita especialmente cuando se ha gastado poca agua de lavado.

No es posible comparar con exactitud los métodos en uso en las diferentes plantas, a ménos que todas las condiciones sean consideradas cuidadosamente, i esto no encuadra dentro de la naturaleza de este artículo; sin embargo, algunos puntos que se refieren a la práctica en Ajo que aplica tambien la precipitacion electrolítica, pueden compararse con mayor aproximacion que cualquiera otra planta.

En Ajo las soluciones son mucho ménos ácidas por la mayor solubilidad de la ganga. La primera solucion agregada en un estanque a un mineral fresco se la estrae de él solo cuando sea casi neutra. Despues de esta solucion se continúa con varias soluciones lixivadoras, aumentando gradualmente su ácido, hasta que al término de una semana, el ácido alcanza 30 g. p. l. Se ha encontrado que este procedimiento da el máximo de extraccion por libra de ácido consumida, si se sigue un largo tratamiento con soluciones débiles, aunque se necesite una planta mayor. A continuacion de la solucion mas ácida sigue el primer lavado de los cuatro que se acostumbra. Cada una de estas soluciones de lavados permanece en contacto con el mineral durante tres horas, hasta que el cobre soluble que todavía queda en el mineral se distribuya uniformemente; en seguida se drena el estanque ántes de añadir la nueva solucion de lavado. El cobre soluble que se pierde en el ripio alcanza, mas o ménos, a 0,06% en un total de 0,28.

Comparemos los dos sistemas; la percolacion en Chuquicamata es siempre hácia abajo, excepto para la primera solucion, miéntras en Ajo es toda hácia arriba. Los metalurjistas de Ajo sostienen que la percolacion hácia arriba reduce las vias de circulacion i efectúa una extraccion mas rápida del cobre. Por otra parte, este método deja en los ripios 10 veces mas del cobre soluble en agua, equivalente a una pérdida de 2 a 3 toneladas de cobre metálico por estanque. La eficiencia del método en Chuquicamata depende de que cada solucion de lavado que se emplea tiene un peso específico menor que las anteriores i las soluciones se mezclan mui poco. Para una persona solo acostumbrada a las operaciones químicas de laboratorio son increíbles las dificultades que presenta la mezcla de soluciones de diferente peso específico en los grandes estanques. En realidad la teoría ha

llegado a establecer con toda seriedad, que si una solución uniforme se deja por algún tiempo sin moverla tenderá a estratificarse, i esto se opone a lo dicho por los testos. El drenaje es poco eficiente por la gran cantidad de solución que deja en el mineral. En el mejor de los casos puede ser diluida por la solución siguiente. La percolación hácia abajo tiene también estas otras ventajas; disminuye grandemente la cantidad de fango que pasa a los estanques de solución i requiere menor energía porque las soluciones descienden a través del mineral gravitacionalmente. Si el mineral de un estanque se moja ántes de principiar la lixiviación, es conveniente admitir la primera solución desde el fondo con el objeto de hacer que el agua suba primeramente i se desprece hasta que aparezcan indicios de cobre. Como se dijo anteriormente, otra razón obliga en Chuquicamata a introducir las soluciones por el fondo para mantener alejados los fangos del filtro.

En cuanto a las ventajas que la percolación tiene sobre el sistema de dejar las soluciones en contacto con el mineral, i a la elección de uno de ellos dependerá de las características de cada planta. En jeneral, un mineral de baja ley no necesitará percolación continua, pero puede ser esencial para un mineral de alta ley. La razón parece ser que tratándose de un mineral mas rico se debe poner en contacto con el mineral cuprífero una cantidad de ácido suficiente para disolverlo i con este objeto se hace circular las soluciones. En este caso la percolación continua eleva el porcentaje de extracción en un 30%.

Prolongando la lixiviación se mejoraría la extracción, o, si se reduce la concentración ácida de las soluciones lixivadoras disminuirá el consumo de ácido con igual extracción. En tiempos normales el ahorro obtenido se equilibra con el costo de la planta adicional necesaria para prolongar el tiempo de lixiviación. Sin embargo, durante una producción restringida puede prolongarse ventajosamente el tiempo. Así, en Chuquicamata, el promedio de extracción aumentó en Febrero de 1921 del normal de 90,92% a 94,15%. Una reducción de un 40% en Ajo bajó en Marzo de 1919, el consumo de ácido por tonelada de carga de 67,4 a 45.

El porcentaje de cobre total que puede extraerse en la lixiviación varia considerablemente, siempre que parte del cobre se presente como sulfuro o en cualquiera otra forma insoluble, i sólo puede pedirse a una planta de lixiviación que disuelva un porcentaje satisfactorio del cobre soluble en ácido sulfúrico. El porcentaje de cobre soluble en ácido que se disuelve no debe bajar del 85%.

Los estanques de lixiviación en las grandes plantas que usan ácido sulfúrico como disolvente son jeneralmente de concreto armado con revestimiento de plomo o asfalto (mastic). El plomo puede protegerse del desgaste mecánico por medio de madera. Los estanques mas pequeños de forma circular son casi siempre de madera revestidos con plomo. Los es-

tanques se descargan por diferentes métodos: en Garfield i Chuquicamata, por medio de un puente de descarga sistema Mead-Morrison. En Ajo por descargadores Hullet i en Anaconda por un chorro de agua. Todos estos sistemas han funcionado satisfactoriamente.

La lixiviacion seguida de precipitacion por el fierro no difiere fundamentalmente de la que acabamos de describir. Las principales diferencias se deben a que no se necesita dispositivos para recuperar el ácido, el cual se pierde totalmente, i a que las impurezas de las soluciones sólo importan en cuanto implican un aumento en el consumo del ácido. Para evitar un gran consumo de fierro i de ácido sulfúrico, la solucion que va a la planta de precipitacion deberá tener mui poco ácido libre que ataca al fierro fácilmente. En consecuencia, el mineral nuevo se mantiene en contacto con la solucion hasta que ésta sea prácticamente neutra. Las sales férricas tienen tambien accion disolvente sobre el fierro, pero éste no se presenta por lo comun en grandes cantidades. En Garfield el esquema jeneral no difiere al de Chuquicamata, aunque hai una mayor circulacion de las soluciones en los estanques efectuada por una serie de elevadores neumáticos.

En Anaconda donde se usa la precipitacion por medio del fierro i donde se pierde todo el ácido, esta pérdida alcanza alrededor de 65 libras de ácido de 60° por tonelada de colas. En Ajo la mayor parte del ácido se rejenera en la precipitacion electrolítica del cobre i tambien en la purificacion de las soluciones por el anhídrido sulfuroso, pero el consumo de ácido es de mas o ménos 90 libras por tonelada de mineral, la mayor cantidad se debe a la solubilidad relativamente grande de la ganga. En Chuquicamata existe en cantidad considerable el ácido sulfúrico combinado en el mineral, de modo que, si no se desperdiciara solucion en la casa electrolítica, habria aumento de ácido en el sistema. I aun así basta agregar 4 a 5 libras de ácido por tonelada de mineral.

PURIFICACION DE LAS SOLUCIONES SULFÚRICAS.—La purificacion no es necesaria sino cuando la solucion se destina a la electrolísis, pues debido al rechazo de toda la solucion despues de la precipitacion por el fierro no hai aumento cíclico de impurezas.

Cualquier material de la ganga, soluble en ácido sulfúrico, es susceptible de aumentar hasta el punto de saturacion. Este puede no hacer daño, si es químicamente inerte, como el sulfato de calcio; puede no caber dentro de un control comercial, sino rechazando una parte de la solucion, por ejemplo, ácido nítrico; o, talvez sea fácil reducirlo por medios relativamente baratos, como las sales férricas i el cloro. Las sales férricas son la «bete noire» que entenebrece el sueño del hidrometalurjista i encanece sus cabellos ántes de tiempo. Es el responsable principal de las dificultades en los trabajos electrolíticos i ha causado probablemente mas fracasos que todas las otras impurezas juntas.

Es posible eliminar completamente las sales férricas de las soluciones

por medio de la precipitacion con óxido de cobre. Este óxido se prepara especialmente con este objeto o se encuentra en el mineral mismo. En el último caso existe la dificultad de disolver completamente el cobre, i talvez sea necesario agregar a continuacion de la solucion purificada un ácido que recoja todo el fierro precipitado para otro ciclo. Afortunadamente el fierro al estado ferroso es inofensivo i por ello los esfuerzos de los metalurjistas se encaminan a reducirlo al estado ferroso en vez de eliminarlo del sistema.

En Ajo se reduce por medio del anhídrido sulfuroso. Este no actúa bien en soluciones demasiado ácidas; pero la solucion que se usa en los procesos de lixiviacion, como ya se ha dicho, ya está casi neutralizada cuando se envia a las torres de reduccion. Las sales férricas al mismo tiempo que se reducen al estado ferroso oxidan el anhídrido sulfuroso, trasformándolo en ácido sulfúrico, lo que representa una ganancia de importancia.

La reduccion efectuada por medio del anhídrido sulfuroso disminuye las sales férricas de 10 a 2,5 g. p. l. i aumenta el ácido de 4 a 16 g. p. l. Esto se hace sin saturar la solucion con anhídrido sulfuroso, hasta el extremo de causar muchas dificultades en la casa electrolítica i siempre se recomienda buena ventilacion donde se usa gas.

Se sugirió tambien en Ajo usar el cobre cemento producido en la planta de precipitacion por el fierro para reducir las sales férricas de las soluciones. Se le ensayó i tuvo éxito; pero es preferible embarcar el cobre cemento i emplear en la reduccion el anhídrido sulfuroso.

El cloro se presenta en el mineral de Chuquicamata en parte en forma de oxiclورو de cobre, atacamita, i principalmente como cloruro de sodio. Todo el cloro se disuelve en los estanques de lixiviacion, i así la solucion «fuerte» que sale del mineral nuevo contiene hasta 5 g. de cloro por litro. Se le precipita como cloruro cuproso mezclando la solucion con cobre cemento fino i ajitándola i el cual a la vez reduce gran parte de las sales férricas presentes. El cloruro cuproso se disuelve en una solucion de cloruro ferroso i en seguida el cobre se precipita por el fierro viejo, volviendo la mayor parte del cobre cemento así formado a la planta desclorurante.

PRECIPITACION DEL COBRE POR LA ELECTROLISIS.—Esta precipitacion es quizás lo mas difícil de la hidro-metalurjia del cobre; si las soluciones sólo contuvieran cobre i ácido sulfúrico, la operacion seria mui sencilla, pero las impurezas causan dificultades sin fin que sólo pueden subsanarse por el esfuerzo persistente.

Muchos materiales diferentes se han indicado para la fabricacion de los ánodos, pero de ellos sólo cuatro se han usado en cierta proporcion.

El grafito o el carbon en alguna otra forma, tiene muchos defensores, pero hasta aquí su aplicacion se ha limitado a las soluciones clorhídricas. Si se emplea en soluciones sulfúricas, el oxígeno que se desprende en el ánodo

lo atacará fuertemente, a ménos que se neutralice por algun agente reductor como el anhídrico sulfuroso. Las sales férricas corroen tambien en grado sumo al carbon. Pero siendo el voltaje necesario bajo i el ácido rejenerado alto hai gran aliciente para nuevas investigaciones. No es del todo inverosímil que llegue a aplicarse en gran escala si se subsanan todas estas dificultades.

El plomo hasta con 10% de antimonio da espléndidos resultados en las soluciones sulfúricas puras, debido a la insolubilidad del sulfato de plomo. Aun las sales férricas no tiene accion sobre él. Sin embargo, si hai mucho cloro presente, estos ánodos se deterioran rápidamente i su destruccion es aun mas rápida si en el electrólito existe ácido nítrico como en Chuquicamata. El único esperimento hecho en gran escala ha sido el de Ajo i aquí están dando espléndidos resultados. Al fin del primer año de trabajo estaban casi tan buenos como los nuevos i así, es claro, el reemplazo de los ánodos será un ítem de pequeña importancia.

En Chuquicamata con ácido sulfúrico, nítrico i clorhídrico en las soluciones ha sido mas difícil. Aquí se han usado la magnetita i el fierro silicon. En los comienzos del trabajo esperimental se decidieron por los ánodos de magnetita fundida hechos en Alemania. En seguida, al declararse la guerra europea, fué imposible la importacion de nuevas cantidades de ánodos i se les reemplazó por los de fierro silicon (alrededor de 13% de Si). Este es, químicamente mui inferior a la magnetita, pero superior en sus propiedades mecánicas i eléctricas i mas barato. La guerra se ha terminado hace mas de dos años i aun se continúa con los ánodos de fierro silicon. El laboratorio de investigacion de la compañía ha descubierto varios materiales nuevos de los que se puede esperar mucho en un futuro no mui lejano. Las desventajas del fierro silicon se deben a que no es enteramente insoluble en las soluciones que se emplean, de modo que los ánodos de este material se deben reemplazar de cuando en cuando i el fierro que se disuelve contamina la solucion. En efecto, la gran cantidad de solucion que se rechaza en esta planta se debe enteramente a la solubilidad de los ánodos, pues el relave contiene tantas sales férricas como el mineral mismo. En todo caso habria que despreciar una pequeña parte de la solucion para eliminar el ácido nítrico, pero aun éste no hace tanto daño cuando la cantidad de sales férricas es pequeña.

El electrólito que este plantel emplea difiere del que se utiliza ordinariamente en el refinamiento del cobre por su menor cantidad de ácido i sus mayores impurezas. Lo primero se debe al esfuerzo hecho para evitar el consumo de ácido en la ganga, que aumenta con al ácido de las soluciones. En Ajo el ácido se disminuye aun mas para obtener mayor eficiencia en la reduccion de las sales férricas por el anhídrico sulfuroso. En Chuquicamata con el objeto de aumentar el ácido i disminuir el cobre en las soluciones

de que éste se precipita despues de sacarla de la planta desclorurante i ántes de enviarla a los estanques se mezcla i diluye con parte de la solucion que ya ha sido parcialmente electrolizada i cuyo ácido, por lo tanto, se ha rejenerado tambien en parte. Las impurezas del electrólito son aquellas que no han sido eliminadas por algun proceso de purificacion de las soluciones en la planta de lixiviacion. Las sales férricas de la solucion del estanque cabeza, se presentan jeneralmente en pequeñas cantidades, no así las sales ferrosas que suelen alcanzar grandes cantidades i son una fuente de dificultades continuas debido a la facilidad con que se oxidan. Así el fierro total aumenta, i las sales férricas ocasionan tales inconvenientes que obligan a proceder radicalmente, despreciando la solucion despues de extraer el cobre. Las sales férricas tienen una accion disolvente importante sobre el cobre depositado disminuyen la eficiencia del amperaje i aumentan el voltaje. El cloro hasta 0,05 g. p. l. químicamente no tiene gran efecto sobre la eficiencia de la corriente, pero una parte considerable de él se deposita con el cobre, químicamente depositado, porque electrolíticamente debiera irse al ánodo. La pequeña cantidad de cloro que puede agregarse en el agua de lavado a las soluciones no perjudica a los ánodos de plomo como se temia ántes de someterlos a una prueba comercial. En Ajo cerca de los dos tercios del cloro se deposita en cada ciclo de los estanques. El ácido nítrico puede llegar hasta 15 g. p. l. sin ser perjudicial, especialmente si existen pocas sales férricas, pero a una alta concentracion o en un electrólito caliente, ataca tanto al cátodo como al ánodo, despréndiéndose al mismo tiempo gases detestables i dañinos en la casa electrolítica.

Debido al alto voltaje que se necesita para depositar el cobre con ánodos insolubles no es necesario calentar las soluciones. En el refinamiento del cobre las soluciones se calientan para disminuir la resistencia química del electrólito, pero cuando se presentan sales férricas conviene mantener la temperatura tan baja como sea posible con el objeto de evitar la accion disolvente de estas impurezas sobre el cobre depositado. En Ajo la temperatura de las soluciones se mantiene a cerca de 30° F. sobre la de la atmósfera, pero en Chuquicamata donde la densidad de la corriente i la resistibilidad de los ánodos son altas, las soluciones se calientan tanto que el electrólito se hace atravesar por una torre de enfriamiento.

Al despreciar soluciones de la casa electrolítica para eliminar impurezas, el cobre restante puede extraerse por electrolisis o por precipitacion por el fierro o por los dos métodos combinados. La eleccion de alguno de estos sistemas depende del costo relativo de la corriente eléctrica i del fierro viejo i de los medios a mano para aprovechar el cobre electrolítico o el cobre cemento que se obtiene. La electrolisis se practica cuando el costo de una corriente eficiente es reducido i agregado a ello que las condiciones para la precipitacion por el fierro viejo dejen que desear debido

a la acidez del electrólito. En Chuquicamata se usa sólo la electrolisis i el cobre impuro (arsenical) se envia a un horno que fabrica ánodos para la seccion que elabora las láminas que servirán de cátodos en la precipitacion del cobre. En Ajo el electrólito gastado se hace pasar por fierro viejo, el cobre cemento resultante o se beneficia o se dedica a la reduccion de las sales férricas de las soluciones.

Sin embargo, el electrólito gastado puede no ser la solucion que se desprecia. Suele suceder en el proceso de la lixiviacion que de hecho estén precipitados el fierro i la alúmina en el mineral i que sólo las disuelva el ácido de las soluciones de lavado. En este caso las soluciones de lavado contendrán ménos ácido libre i mayor cantidad de fierro que las contenidas por el electrólito gastado i pueden con mayor propiedad despreciarse. En resúmen significará menor pérdida de cobre i menor pérdida de ácido por unidad de fierro eliminada del sistema. Tambien debido a su menor cantidad de ácido el consumo de fierro viejo no será tan grande como cuando se precipita el cobre del electrólito ya gastado. Ademas el cobre soluble en agua de los relaves puede precipitarse por el fierro viejo, viéndose así obligado a aumentar el agua de lavado.

El voltaje teórico para descomponer el sulfato de cobre con un ánodo insoluble es 1,22. En la práctica jamas se puede alcanzar a esto, principalmente debido a la accion disolvente de las impurezas, pero ademas tienen efecto todos los factores que se presentan comunmente en el refinamiento del cobre. En Ajo donde la densidad de corriente es baja (7,5 amp. por pié cuadrado) el voltaje alcanza a mas de dos volts. En Chuquicamata con ánodos de mayor resistibilidad i con densidad de corriente cerca del doble, el voltaje es alrededor de 2,8. La densidad de corriente debiera ser aproximada a la que se llega en el refinamiento ordinario bajo condiciones similares. Se ha propuesto una densidad de corriente mas alta con el objeto de evitar la accion disolvente en los cátodos, pero como al mismo tiempo aumenta la temperatura de las soluciones, esta mayor temperatura acrecienta la accion disolvente aun en mayor proporcion que el amperaje.

La eficiencia de la corriente en una planta nueva por lo jeneral es baja, no tanto debido a las dificultades inherentes al proceso, sino porque es necesario empezar con un personal novicio. Cuando los operarios ya han adquirido una cierta práctica en el trabajo, no es irrazonable esperar un rendimiento de 80 a 85%. La cantidad de cobre depositada por kilowatt-hora seria de 7 a 9 libras.

La seccion que fabrica las láminas catódicas iniciales equivale prácticamente al departamento correspondiente de una refinería de cobre siempre que se usen ánodos insolubles como en Chuquicamata; o las láminas iniciales pueden hacerse de la solucion corriente de la casa electrolítica con ánodos insolubles como en Ajo. Si la fabricacion de los ánodos no re-

presenta un gasto excesivo se verá que es ventajoso en la mayoría de los casos adoptar el primer sistema que produce láminas de mejor calidad.

PRECIPITACION POR FIERRO.—Este método se adoptará casi siempre en plantas pequeñas, donde se desea reducir a un minimum el gasto inicial de construcción, i tambien en las operaciones en gran escala si el fierro es un sub-producto de los talleres de la compañía como en Anaconda i en Garfield. A estas plantas tambien las favorece el tener medios apropiados para aprovechar el cobre cemento producido. Una planta electrolítica sólo la podrá instalar una compañía que tenga para su gobierno a mui buenos metalurjistas.

La precipitación puede hacerse con casi toda clase de fierro viejo, tarros viejos de envase, i utensilios viejos de fierro galvanizados se usan ordinariamente en grandes cantidades con este objeto. El fierro esponjoso, o sea, fierro reducido de sus minerales a temperatura mui baja i por consiguiente mui poroso seria un precipitante ideal; pero ninguna de las grandes compañías lo ha fabricado en escala comercial. En Anaconda i en New Cornelia en Ajo se han efectuado muchos experimentos de esta naturaleza i se cree que las dificultades que se presentan no son insalvables.

La precipitación se efectuaba ántes en bateas; esta precipitación ademas de necesitar una planta relativamente grande ocasiona un sin fin de dificultades por el traslado de los materiales. Actualmente se trata de precipitar la mayor parte del cobre en molinos cilíndricos llenos de fierro viejo de los cuales pasa a bateas para su precipitación final. Esto centraliza el manipuleo tanto del cobre cemento como del fierro viejo. The Utah Copper Co., de Garfield, tiene la instalación de mayor capacidad de esta especie, aunque tambien se ha practicado durante algunos años en Chuquicamata para recuperar el cobre del cloruro cuproso.

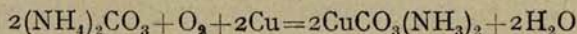
Teóricamente el consumo de fierro en la precipitación de cobre de las soluciones cúpricas es 0,9 de libra por libra de cobre i la mitad de esta cantidad para las soluciones cuprosas. Debido, sin embargo, a la acción de las sales férricas estas cifras no se pueden alcanzar en la práctica. Un consumo doble del teórico seria aproximadamente el normal en soluciones de sulfato de cobre i algo mas en las soluciones clorhídricas.

El cobre cemento está siempre contaminado por fierro i otras impurezas, i el análisis da jeneralmente de 65 a 75% de cobre.

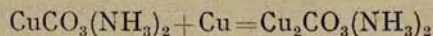
LIXIVIACION POR EL AMONÍACO.—El éxito de la lixiviación por el amoníaco está circunscrito a salvar las dificultades que presenta este disolvente por su volatilidad, i en una planta tendrán importancia especial las características mecánicas. Las plantas de Calumet i Hecla i la de Kennecott usan ámbas estanques de acero, pero difieren entre sí bastante en sus detalles. La primera planta tiene estanques con tapas móviles que se quitan durante la carga i otras operaciones, mientras la solución no está en el es-

tanque. En Kennecott las tapas son en forma de cúpula, remachadas a los estanques i con una firmeza suficiente para resistir una presión interna de 10 libras por pulgada cuadrada. Está provisto de aberturas, algunas para la carga i otras para dirigir el distribuidor de la alimentación i el descargador que son piezas fijas en el interior de los estanques. La razón que explica esta instalación de Kennecott es la del lavado de las colas hecho con vapor a presión, sistema patentado por ellos. En ambas plantas se emplean estanques cerrados para el almacenamiento de las soluciones.

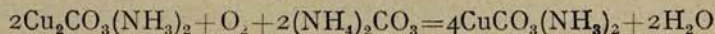
Las reacciones químicas de la operación son sencillas: En Lake Linden se compra el carbonato de amonio i éste con el oxígeno del aire actúa sobre el cobre metálico en la forma siguiente:



Este carbonato cúprico de amonio tiene acción disolvente sobre nuevas cantidades de cobre formándose carbonato de amonio cuproso.



Este a su vez se oxida por acción del aire a carbonato cúprico de amonio.



Se ve que en esta forma el aire suministra realmente todo el oxígeno que se necesita i el carbonato cúprico de amonio actúa simplemente como portador de él. En la planta se suministra este oxígeno haciendo pasar aire por las soluciones lixivadoras primera i segunda que tienen el cobre convertido al estado cúprico. El agua absorbe cualquier cantidad de gas que se desprenda durante la operación. En Kennecott, cuyo mineral es carbonato, se compra i emplea una solución de amoníaco que se convierte rápidamente en carbonato. En ambas plantas el amoníaco i el anhídrido carbónico combinado con él se recupera por destilación, se separan por el calor, pero se vuelven a unir en los condensadores, en tanto que el óxido de cobre se precipita en la solución residual.

El ciclo de la lixiviación no difiere radicalmente del que corresponde a la lixiviación por ácido sulfúrico, deben tomarse exactamente las mismas precauciones, sin inquietarse, eso sí, por la contaminación de las soluciones. En Lake Linden las soluciones lixivadoras son dos i las de lavado también dos, seguidas de agua de lavado, cuya cantidad depende del volumen que se envía a los alambiques. Este volumen se disminuirá en lo posible, ya que el costo del vapor para la destilación es uno de los costos principales. El lavado se realiza en Kennecott introduciendo el vapor por la parte superior

i atravesando la carga; en esta forma queda precedido por un lavado a vapor condensado. El amoníaco se extrae por volatilizacion. La cantidad de vapor necesaria por tonelada de carga es de cerca de 1,000 libras a 5 libras de presion i se requieren algunas 20 horas para la realizacion del ciclo.

Teóricamente se deberia recuperar el total del amoníaco, pero en la práctica hai pérdidas que alcanzan a una libra por tonelada en Lake Linden i a la mitad de esta cantidad en Kennecott. En esta última planta si bien es cierto que se recupera una mayor cantidad de amoníaco en cambio se consume una cantidad de vapor mayor, i es dudoso establecer cuál es mas lucrativa en resúmen. En ambas plantas el amoníaco i el vapor juntos representan un 60% del costo total. Los alambiques consiste en una serie de cilindros de eje vertical, i en ellos las soluciones amoniacaes de cobre descienden a medida que el vapor asciende. Los primeros cilindros extraen casi todo el amoníaco i la segunda serie completa la operacion. En un principio el óxido de cobre al precipitarse se adheria a los alambiques ocasionando una serie de inconvenientes que posteriormente se subsanaron colocando en cada cilindro una rasqueta rotativa que desprendia el precipitado apenas se formaba.

La produccion de la planta lixiviadora de Lake Linden fué el año pasado de cerca de 11 millones de libras con un costo menor a seis centavos hasta ántes de fundirlo. El rendimiento fué mayor de 80%. En Kennecott el rendimiento, considerando el cobre oxidado, fué mas o ménos el mismo, el costo por tonelada de relave algo mayor i el costo por libra de cobre algo menor, debido a la mejor calidad del material tratado.

ALCANCE DE LOS PROCESOS DE LIXIVIACION.—Las características de un mineral apto para someterlo a la lixiviacion por alguno de los métodos descritos son:

1) Los minerales de cobre deben ser solubles o en ácido sulfúrico o en amoníaco, o convertibles en solubles por algun método económico como la tuesta. En esto se aplica a casi todos los minerales esceptuando talvez a los sulfuros pesados.

2) Los minerales de la ganga deben ser casi insolubles, ya en el ácido ya en el amoníaco, o convertibles en insolubles con facilidad. Esto tambien se aplica a la mayoría de los minerales.

3) El oro i la plata no deben presentarse en cantidades apreciables i en caso contrario se harian solubles por una tuesta clorurante. Debemos mencionar que no existe planta en gran escala que recupere los metales preciosos al mismo tiempo que el cobre, pero puede esperarse que esto se consiga en el futuro.

La fuerte competencia con la flotacion en el tratamiento de los minerales sulfurados induce a creer que la lixiviacion se desarrollará mas i tendrá sus mejores éxitos en el beneficio de las grandes masas de minerales par-

cialmente oxidados i que en la actualidad no se esplotan. Naturalmente, éstos exigen una tuesta preliminar. I no parece estar mui lejano el dia en que el proceso combinado de tuesta i lixiviacion sean preferibles a la combinacion ordinaria de concentracion por gravedad, flotacion, fundicion, convertidores i refinamiento electrolítico aun para los minerales que se prestan bien a la flotacion.

Hasta ahora la lixiviacion solo se ha aplicado a minerales de baja lei, pero esta limitacion no está impuesta por la naturaleza del procedimiento. Si es beneficioso comercialmente tostar i lixiviar colas de baja lei de un plantel de concentracion gravitacional, debe ser aun mas beneficioso tratar el mineral mismo.

Si examinamos los éxitos financieros, el proceso de lixiviacion ofrece una excelente demostracion. En efecto, las ganancias obtenidas por las compañías que tratan minerales o colas de baja lei demuestran que en condiciones adecuadas los costos de la lixiviacion se comparan ventajosamente con los de cualquiera de los métodos hasta ahora ideados.



Sección salitrera

UN ARTÍCULO DE MR. ALLEN SOBRE EL BENEFICIO DEL SALITRE

La paralización de las faenas salitreras como resultado de la acumulacion de grandes stocks i de la competencia cada vez mas severa que las industrias dedicadas a la manufactura de productos azoados artificiales hacen al natural, dan gran importancia a todo nuevo procedimiento i aun a toda idea que indique una mejora en los actuales métodos de beneficio, por medio de la cual fuera posible el reducir el costo de produccion del salitre que, permitiendo a esta sal competir de nuevo i en situacion ventajosa con sus similares en los mercados mundiales, traiga de nuevo a Chile la prosperidad perdida. Una idea tal, o mejor dicho, una serie de tales ideas son la que espone Mr. A. W. Allen en los párrafos que traduzco de un artículo suyo publicado en el *Mining and Scientific Press* de San Francisco, correspondiente al 17 de Diciembre último i en el que se hace ver la posibilidad que existe de aplicar al salitre, i en gran escala, un tratamiento derivado del que se emplea hoy dia en beneficiar grandes tonelajes de minerales oxidados de cobre de baja lei en Ajo, Arizona, i en Chuquicamata i convenientemente adoptado a las propiedades peculiares de esta sal.

Mr. Allen es un distinguido metalurjista americano de variada experiencia mundial en la lixiviacion de minerales de oro i plata por cianuracion i de minerales de cobre por el ácido sulfúrico. Sus ideas i las conclusiones a que llega están basadas sobre experimentos llevados a cabo en la misma pampa salitrera i en una escala lo suficientemente grande para asegurar resultados positivos i similares en unidades de gran tamaño. El procedimiento no está basado, por lo tanto, en reajentes misteriosos i auto rejenadores ni hai peligro, tampoco, a que la patente vaya a llenar un hueco mas en la oficina del caso cuyos estantes deben estar ya repletos de especificaciones de procedimientos relacionados con el beneficio del salitre; la mayoría de los cuales revela una ignorancia crasa del asunto i han fracasado en la pampa. La práctica de Mr. Allen en problemas parecidos al beneficio del salitre, tales como la cianuracion de minerales de oro i plata i el tratamiento de minerales oxidados de cobre, le dan la experiencia suficiente para poder apreciar el problema salitrero en toda su magnitud i en relacion con sus similares. Una de las desventajas con que ha tenido que luchar la industria salitrera ha sido el tamaño reducido de las unidades de beneficio en las oficinas i el mayor costo del tratamiento que esto significa. Otra de las causas porque la industria salitrera no ha progresado todo lo que debiera ha sido porque en la mayoría de los casos los técnicos del salitre no se han cuidado de estudiar otros problemas sin ocuparse de los progresos que se hacen en la técnica de otras similares i sobre todo en lo referente a la parte mecánica. La vision de los salitreros ha sido estrecha i limitada a su propio campo i sus miras circunspectas al presente. La admirable leccion objetiva que les brinda la planta de lixiviar de Chuquicamata i la de fuerza de Tocopilla situadas, como si dijéramos, a las mismas puertas de su casa, parece no haber sido aprovechada para nada. Mr. Allen cita, entre otras mejoras que se podian introducir en la industria salitrera, la trituracion en discos Symons que descargan un producto uniforme e ideal para la lixiviacion sin exceso de lodos o lamas que impidan la circulacion uniforme i pareja de las soluciones durante la percolacion. En la pampa todavía se favorece a chancadoras de un tipo que no es el mas adecuado para esta clase de trituracion. La carga automática e uniforme por medio de correas trasportadoras es otra mejora que se recomienda i que no tardará en imponerse; pues el llenar los cachuchos por medio de carros es un atavismo que está llamado a desaparecer. La descarga automática por medio de gruas de dragas es otra mejora que indiscutiblemente vendrá por su propio peso. Grandes unidades de 1,000 roneladas para empezar seria otra innovacion que, al reducir el costo del tratamiento, permitiria la explotacion de caliches de menor lei que a su vez daria márgen para un arranque mecánico o semi-mecánico con lo cual se podria reducir enormemente la mano de obra, hoi excesiva en la pampa salitrera. El autor de estas líneas se aventura a aconsejar la construccion de grandes planteles centrales de

fuerza eléctrica que jenerada en la costa a petróleo o carbon se distribuyera a alta tension a todas las oficinas de un distrito. La terminacion de puertos que faciliten i abaraten la operacion de cargar el salitre a los vapores es otra medida que se impone.

La agudez del problema social i el alto costo de los jornales hace que la reduccion en el número de operarios en toda empresa industrial sea un desiderátum de primer órden en toda direccion que se precie de progresista. El trabajo manual resulta caro, ineficiente i de dificil vijilancia si se le compara con el mecánico. Mirando la misma cuestion bajo el punto de vista social, la acumulacion de grandes masas de obreros en rejiones como la pampa salitrera, donde todo falta, empezando por el agua i los alimentos, entraña un peligro para la salud, el bienestar i el contento de los obreros que es conveniente evitar.

La introduccion de mayores medios mecánicos de explotacion haria posible la reduccion del personal, que permitiendo su seleccion daria por resultado inmediato un rendimiento mayor. Bajo tales condiciones seria posible la construccion de campamentos mas hijiénicos i mejores, lo que redundaria en un mayor contento de la masa obrera. En esta manera de apreciar el malestar social no entran para nada consideraciones altruistas. Es simplemente una cuestion de pesos i centavos. Lo acaecido en la industria carbonifera debiera servir de ejemplo a la salitrera i es de esperar que los directores de la industria del nitrato tomen las medidas del caso para que cuando las faenas se reanuden en la pampa, la produccion de salitre no se vea sujeta a las vicisitudes i trastornos que ocasionan las huelgas. Dada la precaria situacion porque atraviesa el abono natural en los mercados del mundo como consecuencia directa de la competencia de sus similares artificiales, tales huelgas i trastornos podian ser de funestas consecuencias para el porvenir de la industria.

La Asociacion salitrera es la llamada a intervenir en este caso; Mr. Allen habla con una seguridad tal de los resultados por él obtenidos, que al aconsejar la construccion de unidades de 5,000 toneladas, estoi seguro que no se trata de un bluff ni de esperimentos inconclusos, sino de algo tangible i positivo que por lo ménos merece un estudio e investigacion completa por una comision competente. Los stocks de salitre existentes en la actualidad pasan de un millon de toneladas. Esperar a que éstos se terminen con la idea de comenzar a explotar i beneficiar de nuevo con los mismos procedimientos anticuados hoí en uso es esponer la industria básica de Chile, sino a la ruina, por lo ménos a un triste vejetar, cuando con un poco de buena voluntad, coraje i decision, su porvenir debiera ser mas próspero que su pasado.

F. BENÍTEZ.



El desarrollo de la quebrantadora de discos i la práctica de lixiviar

Un tercero e igualmente importante campo para la aplicacion de la lixiviacion cientifica seria en el tratamiento de los miles de millones de toneladas de caliche i ripios de baja lei que existen en la pampa chilena. Tambien se ha demostrado aquí que la trituracion de los ripios i del caliche en chancadoras de discos a un tamaño relativamente fino, como en la práctica actual para lixiviar minerales de cobre, o como se chancaban los minerales de oro cuando se empezó a aplicarles el procedimiento de la cianuracion, es un tratamiento preliminar mui satisfactorio que daría por resultado una excelente extraccion del nitrato mediante la aplicacion de los principios en que descansa la lixiviacion i tomando en consideracion los problemas peculiares a que hai que hacer frente con este sistema de beneficio. La experiencia da confianza. Las pruebas de lixiviacion con los minerales de Chuquicamata se comenzaron con lotes de 100 kilogramos; éstos se aumentaron despues a 2,000 kilogramos i luego a 14,000 toneladas. Las pruebas en gran escala duplicaron las de experimentacion. Tambien en el caso de la planta de Ajo (Arizona) el trabajo de experimentacion se principió en pequeña escala; luego se trataron lotes de una tonelada, i mas tarde cantidades de 40 toneladas. Con la informacion que se obtuvo de estas experiencias preliminares se dió un salto a una planta de gran tamaño con unidades de 5,000 toneladas.

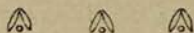
Una de las grandes ventajas de la lixiviacion estriba en que la extraccion que se obtiene sobre un pié cuadrado de material se puede aplicar a un millon de piés cuadrados, si necesario es, siempre que la profundidad sea la misma en cada caso, i si se observan los principios fundamentales en la práctica de lixiviar. El trabajo en la pampa salitrera chilena empezó en pequeña escala. Al principio se utilizó un tarro de parafina para determinar el diferente grado de solubilidad del material chancado a varios tamaños. La segunda prueba se hizo en un cañon de 5 pulgadas de diámetro, i de 10 piés de alto para probar la practicabilidad de efectuar la lixiviacion cilíndrica, que tenía la misma altura que las que se emplearon en las pruebas anteriores, pero de 11 pulgadas de diámetro i con una capacidad de $\frac{1}{4}$ de tonelada. La cuarta serie de pruebas se hicieron en una columna cuadrada, hecha de planchas de fierro ribeteadas, que contenia como media tonelada i de igual profundidad que las columnas anteriores. La prueba final se hizo sobre 90 toneladas, i de esta manera se demostró que se podian obtener

idénticos resultados si se mantenían las condiciones necesarias, lo mismo si el área de material lixiviado es de 1 pié cuadrado o de 1,000 piés cuadrados. Todo depende de tener muy en cuenta los principios fundamentales de la lixiviación, desarrollados por los metalurjistas del cobre i del cianuro i aplicados a una mezcla de partículas de tamaños muy diferentes. Una mala distribución en los estanques de lixiviar, por ejemplo, originaría la formación de canales en el caliche, lo que daría por resultado una extracción ineficiente. La falta estriba, no en el procedimiento mismo de la lixiviación, sino en el no apreciar debidamente los requerimientos esenciales de que depende una percolación uniforme. De la unidad de 90 toneladas a una de 1,000 o 5,000 hubiera sido un salto lógico en Chile; pero ha sido tarea vana el convencer a los salitreros de que la lixiviación sólo puede ser eficiente si se reconocen los principios fundamentales en que se basa el procedimiento. Se han gastado grandes sumas de dinero i se ha perdido mucho tiempo, en el afán de probar que no es necesario una carga homogénea antes de lixiviar i que el propagar un principio tal, evidencia simplemente una adhesión a refinamientos teóricos. Huelga el decir, por supuesto, que el principio es verdadero a pesar de los esfuerzos que se hacen para probar lo contrario. No se toma en cuenta que tales principios fueron enumerados desde sus comienzos por quienes habían combinado la teoría con la práctica, sin sacrificar a ninguna. Después de mucha insistencia se está comenzando a comprender que la distribución mecánica por un sistema de correas transportadoras principales i otras atravesadas constituye el método ideal para llenar un gran estanque con material seco i que haya sido triturado a un tamaño relativamente fino. Algunos de los hombres *prácticos* de la pampa, el contenido en nitrato de cuyos ripios habla por sí mismo, son partidarios del sistema de llenar los cachuchos por el método de vaciar carros, o descargando el caliche a través de canaletas, en ciertos puntos del cachucho hasta que se formen pilas de diferentes tamaños, a lo largo de cuyas paredes se escurren los pedazos mas grandes; pero el reconocimiento del absurdo de este método es inevitable, aunque parece que la jente tarda mucho en darse cuenta de ello. Sin embargo, los hechos mas esenciales relacionados con los principios fundamentales de la lixiviación se están abriendo paso en la pampa salitrera. Cuando se reconozca la practicabilidad del tratamiento eficiente de los caliches de baja lei en gran escala, el Gobierno de Chile tomará medidas para reducir el derroche espantoso, la enorme pérdida de los recursos nacionales que resulta en la actualidad del arranque, escogido i tratamiento selectivo de caliches de alta lei; puesto que esta práctica envuelve el botar grandes tonelajes de material con alta lei de salitre que debían i podían ser beneficiados con ganancia. Además, el Fisco necesita entradas i éstas se podían obtener de la manera mas fácil explotando los terrenos salitreros en gran escala i de una manera eficiente. Cuando así

suceda es probable que las chancadoras de discos se empleen mucho en la pampa, lo mismo para la chanca secundaria que para la final. La adopcion del molino de cilindros no es recomendable, porque la esperiencia ha demostrado que no es la máquina ideal ni mucho ménos para la trituracion de materiales blandos que se van a beneficiar por el sistema de lixiviacion i por razones que ya se han explicado. El éxito dependerá tambien, en gran parte, de los métodos que se adopten para elevar el caliche triturado i distribuirlo en el estanque. El empleo de elevadores de capachos debiera ser evitado; en su lugar debieran instalarse correas trasportadoras que en la mayoría de los casos podian emplearse en lugar de los elevadores. Además, el caliche que llega a las oficinas por los sistemas de explotacion en boga, varia de una manera extraordinaria en sus propiedades físicas lo mismo que en su contenido en nitrato. Es por lo tanto imperativo el que se le mezcle íntimamente i que se le distribuya de una manera regular en el cachucho ántes de comenzar la operacion de lixiviar. La distribucion se lleva a efecto tambien de la mejor manera por medio de correas trasportadoras. La sola enumeracion de estos detalles indica los progresos que se han llevado a efecto desde los primeros días en que se cianuraron minerales de oro i plata molidos en seco.

Como ya se ha dicho, los salitreros se inclinan, por lo jeneral, a pensar que no hai necesidad de aplicar de una manera ríjida los principios fundamentales de que depende la lixiviacion eficiente de un producto de tamaño desigual. Despues de echar en saco roto los razonamientos mas elementales se ha llegado a probar en gran escala qué métodos rutinarios pueden llegar a dejar en la práctica un buen rendimiento. La industria chilena del salitre ha estado acostumbrada a pérdidas altas en los rípios como resultado del tratamiento en los cachuchos Shanks. La cantidad de salitre que existe en los desmontes de rípios que se encuentran por toda la pampa corroboran de una manera conclusiva la verdad de esta asercion; pero las cosas están cambiando rápidamente i no tardará mucho tiempo en que se llegue al convencimiento que el obtener un rendimiento satisfactorio de caliches de baja lei asegurará, a la vez que la prosperidad, la continuidad de la industria salitrera. Técnicos con la preparacion i conocimientos que el caso requier i que aprecian los principios fundamentales en que depende la lixiviacion eficiente insistirán en que, una vez que se haya dado comienzo a la percolacion, el tratamiento se siga hasta que una proporcion alta del soluble que se quiere recuperar haya sido disuelto. El empeñarse en no querer comprender los principios físicos i mecánicos sobre que descansa la lixiviacion impedirá el que de ésta se obtengan resultados satisfactorios.

A. W. ALLEN.



Revista quincenal

Valparaíso, 17 de Noviembre de 1921.

COBRE EN BARRAS

Las fluctuaciones diarias en los precios del cobre Standard han sido muy pequeñas durante la pasada quincena, i el mercado ha demostrado sin duda mucho mas animacion. La rápida mejoría que ha experimentado el cambio esterlino ha causado alguna confusion i los compradores estan operando cuidadosamente. El mercado está firme pero los negocios efectuados no han sido de consideracion.

Se ha notado una gran mejoría en el mercado americano, i cantidades regulares han sido tomadas por los consumidores domésticos. Tambien parece existir una mejor demanda para esportacion.

Las cotizaciones de los productos americanos se han mantenido firme entre 13.25 i 13.50 cents. la libra f. o. b. lo que se debe al estado atenuado de la produccion, a la mayor cantidad de ventas durante los últimos meses, i a la expectativa de que las existencias disponibles se vean apreciablemente reducidas durante el resto del año.

Las cotizaciones recibidas de Lóndres al contado i para tres meses durante la quincena, han sido las siguientes:

El día	4	del pte.	£ 66.15.0	al contado	i	£ 67. 2.6	para entrega	a tres meses
»	7	»	66 17 6	»	»	67. 5.0	»	»
»	8	»	66 5 0	»	»	66.15.0	»	»
»	9	»	66. 0.0	»	»	66.12.6	»	»
»	10	»	66. 5.0	»	»	67. 0.0	»	»
»	11	»	66.10.0	»	»	67. 5.0	»	»
»	14	»	67. 0.0	»	»	67.15.0	»	»
»	15	»	66.15.0	»	»	67.12.6	»	»
»	16	»	66.12.6	»	»	67.12.6	»	»

Cerrando hoi 17 del presente a £ 66.0.0 al contado i £ 67.0.0 para entrega a tres meses.

No se han efectuado ventas en la costa durante la pasada quincena.

La esportacion de Chile hasta el 31 de Octubre de 1921 ascienden a 47,560 toneladas, o sean 30,644 toneladas ménos que lo esportado en esta misma fecha el año pasado.

EJES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre precios privados.

MINERALES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre nuestras cotizaciones.

COTIZACIONES EL 17 DE NOVIEMBRE DE 1921 A LAS 5 P. M.

Cobre en barras:

	Por quintal métrico moneda corriente
Puesto a bordo.....	\$ 201.82

Ejes de Cobre:

50% puesto a bordo con escala de 201 cents.....	88.03
---	-------

Minerales de cobre:

10% puesto a bordo con escala de 117 cents.....	10.69½
Standard £ 67.0.0. Cambio: \$ 36.80.	

SALITRE

Desde que se hizo el convenio entre la Asociacion de Productores de Salitre i el Pool, el mercado ha estado mui tranquilo i sabemos solamente de una venta de salitre que se hizo, a saber, un cargamento de 95% entrega en Diciembre a 10 /3½, cuyo precio es un penique mas bajo que el cotizado en nuestra última Revista para dicha entrega.

Segun informacion cablegráfica recibida al final del mes pasado, las ventas efectuadas en Europa por el Pool han sido las siguientes:

Desde Febrero hasta 30 de Junio de 1921.....	76,231 Tons.
» Julio hasta fines de Octubre.....	194,611 »
O sea un total de.....	270,842 Tons.

lo que deducido del total que habia de 996,887 toneladas deja un saldo disponible en mano del Pool de 726,045 toneladas para la venta.

Los fletes por salitre han sufrido una nueva baja i se ofrecen para el

Reino Unido o Continente para cualquier embarque hasta Febrero a 35/. sin encontrar interes de parte de los esportadores. Para Skandinavia se está ofreciendo un vapor a 45/. con opcion Danzig a 4 7/6 para embarcar en Enero. Para Estados Unidos (costa occidental) se ofrece espacio por vapores a \$ 6 i \$ 5.50 dollars americano respectivamente para Noviembre-Diciembre i Enero-Febrero. Para la costa oriental \$ 5 dollars se cotiza nominalmente para embarque en Diciembre-Enero.

La esportacion de salitre durante la primera quincena de este mes solamente subió a 448,300 qtls., comparado con 1,057,400 qtls. que fué lo esportado durante el mismo período el año pasado.

ORO

El premio diario (compradores) de la Bolsa durante la pasada quincena, fué como sigue:

El día	4 del presente	169%	Cambio	13.20
»	5	» 169.50%	»	13.20
»	7	» 183.50%	»	13.20
»	8	» 182%	»	13.20
»	9	» 179.50%	»	13.20
»	10	» 178.70%	»	13.20
»	11	» 178.50%	»	13.20
»	12	» 177%	»	13.20
»	14	» 169.50%	»	13.20
»	15	» 171%	»	13.20
»	16	» 182%	»	12.90

Cerrando hoy 17 del presente a las 5 P. M. a 181.50%. Cambio 13.

VALOR DE LA LIBRA ESTERLINA

El valor de la libra esterlina abrió el día 4 del presente a 35.60, quedando sin alteracion el día 5. El día 7 del presente abrió a 37.60 i bajó a 37.40 al día siguiente, continuando de baja el día 9 a 37 i quedando a este último precio hasta el día 11 del presente; el 12 bajó a 36.40, continuando bajando como sigue:

El día 14 a 35.40 i el día 15 a 35.20, pero el día 16 reaccionó a 36.60.

El cambio cierra finalmente hoy 17 del presente a las 5 P. M. a 36.80 para letras de primera clase sobre Lóndres a 90 días vista.

Letras pagaderas en oro a 13.

El Banco de Chile jira a 36.90.

CARBON

No ha habido ningún mejoramiento que pueda notarse en la situación del mercado del carbon i solamente podemos repetir lo que comentamos en nuestra revista anterior.

Cotizamos nominalmente como sigue:

Cardiff Admiralty List.....	65 /.	a	70 /.
Australiano. Buenas marcas.....	60 /.	a	65 /.
Americano »	60 /.	a	65 /.
Nacional »	50 /.	a	55 /.

todo puesto a bordo segun puertos i condiciones.

PLATA EN BARRAS

La cotizacion recibida de Lóndres para entrega a dos meses fué de 38 3/8 d.

Cotizamos la plata agria a \$ 42.84 por marco o \$ 186.33 por kilógramo fino puesto a bordo con cambio de \$ 36.80.

Valparaiso, 29 de Diciembre de 1921.

COBRE EN BARRAS

Los precios en el mercado de cobre Standard han permanecido mui tranquilos durante la pasada quincena, habiendo variado entre £ 67.0.0 y £ 67.15.0 para 3 meses. Segun se avisa, el consumo en Europa no ha tenido gran expansion, i a pesar de que la demanda continúa aun en pequeña escala, ésta se ha tornado un poco mas regular.

El mercado en Norte América está mas firme i parece existir mayor confianza. La reduccion en las existencias de este metal se dice han sido bastante sustanciales durante los últimos dos meses, lo que se estima alrededor de 60,000 toneladas. La mayor parte de esto ha sido tomado por importantes consumidores americanos, los cuales han cubierto sus requerimientos por un período bastante adelante para 1922.

La cotizacion hoi día es de 13 7/8 a 14 centavos la libra f. o. b.

Las cotizaciones recibidas de Lóndres al contado i para tres meses han sido las siguientes:

El día 16 del pte.	£ 66.15.0	al contado	i	£ 67.15.0	para entrega	a tres meses		
» » 19 » »	66.15.0		»	67.15.0	»	»	»	»
» » 20 » »	66.12.6		»	67.12.6	»	»	»	»
» » 21 » »	66.12.6		»	67.12.6	»	»	»	»
» » 22 » »	66. 5.0		»	67. 5.0	»	»	»	»
» » 28 » »	66. 5.0		»	67. 0.0	»	»	»	»

Cerrando hoy 29 del presente a £ 66.2.6 al contado i £ 67.2.6 para entrega a tres meses.

No se han efectuado ventas en la costa durante la pasada quincena.

Las esportaciones de Chile hasta el 15 de Diciembre de 1921 ascienden a 48,900 toneladas o sean mas o ménos 37,750 toneladas ménos que lo esportado el año anterior en esta misma fecha.

EJES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre precios privados.

MINERALES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre nuestras cotizaciones.

COTIZACIONES EL 29 DE DICIEMBRE DE 1921 A LAS 5 P. M.

Cobre en barras:

El quintal métrico
Moneda corriente

Puesto a bordo..... \$ 224.60

Ejes de cobre:

50% puesto a bordo con escala de 224 centavos..... 98.37

Minerales de cobre:

10% puesto a bordo con escala de 129 centavos... .. 11.90¼
Standard £ 67.2.6. Cambio: \$ 39.80.

SALITRE

El estado del mercado no ha variado en lo mas mínimo, quedando inactivo escepto por demanda de pequeñas partidas, las cuales son difíciles de obtener bajo las actuales circunstancias.

Durante la quincena bajo revista, sabemos de haberse hecho algunas ventas privadas para entrega pronta de ordinario a 10/2 i refinado a 10/5. Los vendedores piden actualmente 10/3 por 95% entrega Enero-Marzo.

Entendemos que los negocios para f. o. b. i f. o. r. en Europa tambien estan mui flojos, i parece que las actuales existencias en Europa serán suficientes para las demandas de la actual estacion, así es que los interesados por el momento demuestran mui poco interes para comprar salitre en la costa.

Las ventas efectuadas por el Pool hasta el 17 de Diciembre suben a 219,990 toneladas, i las existencias disponibles en esa fecha eran de 677,000 toneladas.

Los fletes están siempre mui flojos. Entendemos que en Europa se han efectuado para embarque pronto para el Reino Unido o Continente a 27/6 por salitre, que es el flete que están pidiendo los armadores en la costa. Para Estados Unidos costa Oriental i Occidental se cotiza a \$ 5 m/c. americana para cualquier salida durante Enero, Febrero i Marzo.

ORO

El premio diario (compradores) de la Bolsa durante la pasada quincena fué como sigue:

El dia 16 del presente.....	215%	Cambio	12.60
» » 17 » »	210.50%	»	12.80
» » 19 » »	205%	»	12.80
» » 20 » »	201%	»	13.00
» » 21 » »	201.50%	»	13.20
» » 22 » »	205%	»	13.10
» » 23 » »	203%	»	13.20
» » 24 » »	203%	»	13.20
» » 26 » »	200%	»	13.20
» » 27 » »	200%	»	13.20
» » 28 » »	203.50%	»	13.10

Cerrando hoy 29 del presente a las 5 P. M. a 203.50%. Cambio 13.10.

VALOR DE LA LIBRA ESTERLINA

El valor de la libra esterlina abrió el dia 16 del presente a 40, quedando sin cambio el dia 17. El dia 19 del presente abrió a 39.40 para bajar a 39.20 al dia siguiente, pero el dia 21 reaccionó a 39.60 i subió a 40 el dia 22 para bajar nuevamente el dia 23 a 39.80 quedando sin variacion el dia 24. El dia 26 abrió a 39.40 i subió a 40 el dia 28.

El cambio cierra finalmente hoy 29 del presente a 39.80 para letras de primera clase sobre Londres a 90 días vista.

Letras pagaderas en oro a 13.10.

El Banco de Chile jira a 40.10.

CARBON

La posición del mercado del carbon queda sin cambio i las perspectivas son de lo mas desfavorables. La cotización por carbon extranjero no ha variado pero los importadores tienen deseos de tratar precios mas bajos siempre que hayan ofertas.

Marcas nacionales en puertos de entregas se cotiza de 50/. a 60/. f. o. b. segun clase.

PLATA EN BARRAS

La cotización recibida de Londres para entrega a dos meses fué de 35 d. Cotizamos la plata agria a \$ 42.70 por marco ó \$ 185.65 por kilogramo fino puesto a bordo con cambio de \$ 39.80.



INDICE JENERAL DEL BOLETIN MINERO DE 1921

A

	PÁJS.
Adam, M. R.....	17
Aguirre, Don Cesáreo.....	115
Acevedo, Juan B.....	242
Allen, A. W.....	371 i 663
Aldana, A.....	593

B

Berthelot, Ch.....	81
Benítez, Fernando.....	100, 317, 371, 515 i 660

C

Carbones para usarlos en los hornos industriales; Sobre la pulveri- zacion previa de los.....	49
Coke metalúrgico; Le evolucion de la industria del.....	81
Campbell, J. M.....	217, 261 i 413
Chuquicamata; La empresa de.....	371
Crook, W. I.....	545
Ciencia e industria.....	626

D

Determinacion del molibdeno en los minerales.....	545
---	-----

E

	PÁJS.
Electrodos continuos.....	174
El petróleo en Argentina.....	197
El oríjen de los depósitos primarios de minerales... 217, 261, 413 i	475
El yodo.....	230
El yodo i su aprovechamiento industrial i especialmente en la fabricación del ácido sulfúrico.....	242
El alto-horno eléctrico.....	286
El Mineral de Catemu..... 317 i	515
El Congreso de los Estados Unidos de Venezuela decreta la lei de hidrocarburos i demas combustibles.....	485
El problema del azimut de un astro, en el que se esponen los métodos mas prácticos i mas sencillos para determinarlo con distinto grado de precision.....	579
El desarrollo de la quebrantadora de discos i la práctica de lixiviar	663

F

Flotacion con notas críticas; Resúmen de la literatura sobre la teoría de la.....	17
Freminville, Ch. de.....	40
Felsch, Dr. Juan.....	181
Fabricacion de fundicion por medio de tostados de piritas en el horno eléctrico.....	340
Fritzsche, Carlos H..... 549 i	595

G

González, Pedro Luis.....	230
Guedrás, Marcel..... 280 i	340
Gentil, L..... 204 i	306
Gajardo Reyes, Ismael.....	579

H

Hierro i del acero en Sud Africa; La industria del.....	12
Hierro del mundo; Los minerales de.....	68
Hileman, Dr. G.....	197

I

	PÁJS.
Impuesto a la industria Petrolera.....	I
Indicios de petróleo en capas del calloviano-jurásico superior, en la quebrada de Chichaja, en la falda occidental de la cordillera de la provincia de Tacna.....	181
Informe jeneral sobre la zona cuprífera de los departamentos de Vallenar i Freirina.....	399
Importancia práctica de las investigaciones microscópicas de yacimientos metalíferos para su valorización industrial.....	549

J

Jeología i minería andinas.....	465
---------------------------------	-----

K

Kuntz, Julio.....	399
Koerting Berth.....	632

L

La industria del hierro i del acero en Sud Africa.....	12
Los minerales de manganeso.....	31
La organización del trabajo.....	40
Los minerales de hierro del mundo.....	68
La evolución de la industria del coque metalúrgico.....	81
La provisión de nitrato nacional i extranjero.....	105
La energía hidro-eléctrica de España i la electrificación de sus ferrocarriles.....	117
Lei petrolífera de Bolivia.....	275
La legislación sobre las minas en Francia.....	367
La empresa de Chuquicamata.....	371
Las expectativas para la industria del salitre.....	390
Le Roy Miller, Benjamín.....	465
La explotación del petróleo por piques i galerías.....	557
Likiardopoulo, N.....	557
Lo que costó la huelga de los mineros ingleses.....	593
La jeología de la región comprendida entre los ríos Cautín, Cholchol i Quillen en la provincia de Cautín i los yacimientos de carbón antracitosos de Nielol.....	595

M

	PÁJS.
Minerales complejos de plata segun el procedimiento Hennes; Tratamiento de los.....	57
Minas i mineros de los tiempos bíblicos.....	161
Mac-Donald, Cárlos..... 217, 261, 413 i	475
Mr. Ford i la provision de nitratos.....	392
Molibdeno en los minerales; La determinacion del.....	545

N

Nef A., Eduardo..... 40, 174, 204, 280 i	340
Navarro S., Armando.....	57

O

Oríjen i forma de los yacimientos de petróleo..... 204 i	306
--	-----

P

Petróleo en la Arjentina, El.....	197
Petróleo, Oríjen i forma de los yacimientos de..... 204 i	306
Peña i Lillo, Oscar.....	545
Petróleo por piques i galerías; La esplotacion del.....	557
Proyecto de establecimiento minero metalúrgico i técnico industrial de investigacion i ensaye.....	632
Principios sobre lixiviacion del cobre.....	642

R

Resúmen de la literatura sobre la teoría de la flotacion con notas críticas.....	17
--	----

S

Situacion de la industria del hierro i del acero en Austria.....	15
Sobre la pulverizacion previa de los carbones para usarlos en los hornos industriales.....	49
Situacion del mercado de metales i minerales, pájs. 53, 110, 192, 245, 312, 395, 456, 511, 573, 666 i	669
Sociedad metalúrgica Chilena Cuprum.....	57
Seccion Salitrera..... 100 i	660

T

	<u>PÁJS.</u>
Thoreau, J.....	31
Tratamiento de los minerales complejos de plata segun el procedimiento Hennes.....	57

U

Últimas modificaciones a las leyes mineras de Bélgica, 249, 349 i	429
Últimas modificaciones a las leyes mineras de Francia.....	357

V

Vapores para el transporte de minerales de hierro i petróleo.....	461
---	-----

Y

Yodo, El.....	230
Yodo i su aprovechamiento industrial; El.....	242

