

BOLETIN

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

Presidente
Cárlos Besa.

Vice-Presidente
Cesáreo Aguirre

◆

Directores

Aldunate Solar, Cárlos
Avalos, Cárlos G.
Elguin, Lorenzo
Gandarillas, Javier
Lanas, Cárlos

Lecaros, José Luis
Lira, Alejandro
Maier, Ernesto
Malsch, Cárlos
Pinto, Joaquin N.

Soza Bruna, Francisco
Vattier, Cárlos
Videla, Augusto
Yunge, Guillermo

Secretario

ORLANDO GHIGLIOTTO SALAS

La minería i el Canal de Panamá

A nadie que haya estado presenciando los últimos negocios de minas realizados por los estranjeros, dentro de nuestro territorio del norte, podrá ocultarse que estamos en vísperas de una transformacion colosal.

La causa principal de esta marcada evolucion de nuestra minería, tan abatida hasta ayer, es sin duda la próxima apertura del Canal de Panamá.

La facilidad de comunicacion con los EE. UU. ha orijinado el arriendo de la importante mina de fierro del Tofo, en la provincia de Coquimbo, por la Bethlehem Steel Co., i prepáranse en estos momentos las instalaciones para exportar hasta 1.000,000 de toneladas al año, segun el contrato respectivo. En estas condiciones, se dice que el precio fijado por el arrendamiento es de \$ 0.75 por tonelada, haciendo la Compañía arrendadora todas las instalaciones por su cuenta i cambiando desde luego el andarivel de 7 kilómetros construido por la Compañía francesa, por un plano inclinado.

En Chuquicamata, provincia de Antofagasta, vemos que un poderoso sindicato americano, relacionado con la importante firma Guggenheim Hno. de Nueva York, ha adquirido las minas de los chilenos que han explotado hasta hace poco el mineral, en la suma de £ 300,000 mas o ménos, i piensa erijir el mas vasto establecimiento de beneficio de cobre de Sud-América. La cubicacion del yacimiento pasa de 100.000,000 de toneladas de 2%, concentradas en una superficie de 40 a 50 hectáreas. Un procedimiento enteramente nuevo permitirá tratar estos minerales en condiciones de buen rendimiento i para ello la

empresa se propone hacer un transporte de fuerza eléctrica desde la costa hasta el mineral de mas de 50,000 caballos. El mineral estará unido al puerto de Mejillones por un ferrocarril i este admirable puerto natural tomará la importancia que la naturaleza parecia haberle destinado. La produccion anual de cobre fino será de 50,000 a 100,000 toneladas.

En Chañaral, provincia de Atacama, otra empresa norte-americana, patrocinada por el esforzado ingeniero i hábil industrial Sr. William Braden, conocido entre nosotros por el promotor de la Braden Copper Co. de Rancagua, hace sus instalaciones en el mineral de Potrerillos, situado a mas de 60 kilómetros al Oriente de Pueblo Hundido, prometiendo levantar ese distrito minero, de sin igual importancia para el cobre, al nivel que debe ocupar en la produccion del pais.

Puede decirse de una manera jeneral que estas empresas norte americanas aseguran su éxito mediante los grandes capitales de que disponen y que gastan con la debida oportunidad, despues de un detenido i completo estudio.

El ejemplo del mineral del Teniente, ubicado en la provincia de O'Higgins, en donde se han gastado hasta la fecha cerca de 60,000.000 de pesos de nuestra moneda, i en donde se seguirá gastando todavía para adoptar un procedimiento aun mas perfeccionado que los anteriores—porque se logrará con él hacer subir el aprovechamiento del cobre contenido en el mineral a 70%—es sumamente característico de estos métodos yankees que nosotros no conocíamos *de visu*. La cantidad de minerales cubicada en estos depósitos llega a 50.000,000 de toneladas de 2.5% i la produccion llegará a 100 toneladas diarias de cobre fino.

En el departamento de Vallenar se ha realizado, por último, la venta de los importantes yacimientos de fierro del Algarrobo a un sindicato aleman en 10.000,000 de marcos y se proyecta hacer una esportacion de 1 a 1.500,000 toneladas de minerales al año.

Pruebas son estas mui evidentes de que el mundo industrial europeo i americano tiene fijada su vista sobre nuestras riquezas minerales i se prepara para esplotarlas.

Pero no solamente existe interes por buscar en las minas de Chile el aumento que reclama la produccion mineral para abastecer al creciente consumo de los metales; es esto una necesidad imprescindible manifestada mui claramente por el aumento de precio que han tenido en los últimos años tanto el fierro, como el cobre. Esta alza demuestra i confirma que las minas que han proporcionado hasta hoi la base de la produccion mundial, se están agotando i su duracion no pasará de diez a veinte años mas. De ahí que los industriales que entregan a los mercados los objetos manufacturados temen no poder hacer frente al consumo progresivo i se preocupan de asegurar su produccion adquiriendo minas en los paises de ultramar. Esto es lo que ha pasado para el fierro con las últimas transacciones efectuadas i puede tambien ocurrir el dia de mañana para el cobre. Las estadísticas alemanas manifiestan que el 25 % de la produccion mundial de cobre se transforma en aquel pais en la industria de los objetos manufacturados con este metal.

En la lucha industrial de las naciones, vence naturalmente el mas previsor i el mejor informado. Las adquisiciones que hemos apuntado revelan que

nuestro país no es ya lo que pensábamos: un territorio ignorado, cuyas riquezas minerales debía nuestro propio Gobierno encargarse de demostrar a los *ojos del extranjero*. Debemos, por el contrario, sacar otra conclusión i es que negocios de tal magnitud están probando que en el extranjero se conoce mejor que entre nosotros el valor de nuestras riquezas. Debemos sí pedir al Gobierno que permita a los *chilenos* darse cuenta de todo lo que encierra nuestro subsuelo para que una parte siquiera de las utilidades de estos colosales negocios quede en manos de los nacionales.

Esto es lo que hemos pedido sin cesar, abogando por la creación del Cuerpo de Ingenieros de Minas i del Instituto Jeológico. Estamos los chilenos a oscuras respecto del porvenir extraordinario que se nos presenta i mientras nuestros financistas están preocupados de sujetar la baja del cambio internacional por medios mas o ménos artificiales, no paran mientes en que hai empresas particulares que proyectan hacer subir la producción del cobre a 150,000 toneladas al año i la esportación de fierro a 2,500,000 toneladas, sin contar con el salitre, cuya mayor esportación a los EE. UU., solamente, puede estimarse en el doble del consumo actual en aquel país.

Pero estas reflexiones no abarcarían el problema de la transformación comercial e industrial que va a operarse en nuestro país con la apertura del Canal en todas sus fases. En el propósito de completarlas hai lugar a hacer las consideraciones siguientes:

Las esportaciones de minerales de fierro de los países que tienen las minas a los países que tienen la industria siderúrgica, se han efectuado siguiendo un proceso evolutivo constantemente repetido, que nos da base para pensar que nuestro país no habrá de escapar a una ley jeneral.

La España esportadora de minerales para Inglaterra, Bélgica i Alemania, la Rusia i la Suecia igualmente naciones esportadoras; el Brasil, por último, que acaba de ingresar al conjunto de países esportadores, han realizado todos i están realizando la evolución industrial hácia la fabricación, en su propio territorio, del acero i del fierro manufacturados. I la razón es obvia: los buques que llevan los minerales a los centros donde existe el combustible no tienen otra cosa mejor que traer, en su viaje de retorno, que ese mismo combustible, i de este canje de productos surge espontánea i naturalmente la siderurgia.

Ciertos Gobiernos han cooperado a la aceleración de este movimiento que tiene fatalmente que producirse i han dado facilidades a las empresas mineras, bajo formas de garantías o primas de producción, para aclimatar la industria fundamental de los naciones modernas.

I aquí de paso debemos hacer notar con cuán poca prevision nuestros Poderes Públicos han pretendido, entregar el monopolio de esta industria a una sola compañía, desconociendo en absoluto las dificultades que origina el procedimiento de fabricación del acero con leña, abandonado en todas partes, incluso el Brasil, donde los bosques están al lado de las minas—i estas leyes económicas jenerales confirmadas por una experiencia de medio siglo.

Podemos, pues, felicitarnos porque tendremos la industria verdadera del fierro i del acero en un porvenir no lejano, fundada sobre una base incommovible, cual es la de los intercambios comerciales entre naciones que se completan las unas con las otras, dejándonos de los mirajes teóricos de esa escuela que

pretende que las naciones se basten a sí mismas, aunque esta divisa conduzca a los mayores absurdos.

Pero todavía esto no es todo: podemos pretender mas. Nuestro país es tan fabulosamente rico en materias minerales que esos barcos que veíamos entrar a nuestros puertos cargados de carbon para la fundición del fierro no se limitarán a alimentar esta sola industria sino que entregarán una parte considerable de sus cargamentos a la industria del cobre que, a su vez, va a entrar en un nuevo período de vida completamente ignorado por la mayoría de nuestros conciudadanos i solo vislumbrado por algunos hombres del oficio.

Las minas de fierro en nuestro país están al lado o muy próximas a las minas de cobre. Los ferrocarriles i otros medios de transporte que se creen para explotarlas prestarán sus servicios para trabajar las minas de cobre i así tendremos, a buen plazo, desde Chañaral hasta Combarbalá, una sola columna trabajando sin parar de noche i de día.

Ante esta transformación que va a operarse rápidamente, ¿no es haber hecho obra de prevision el haber construido ferrocarriles en el Norte i en el Sur del país, i aprobado leyes que nos permitan tener los puertos indispensables para el incremento comercial que todo esto supone?

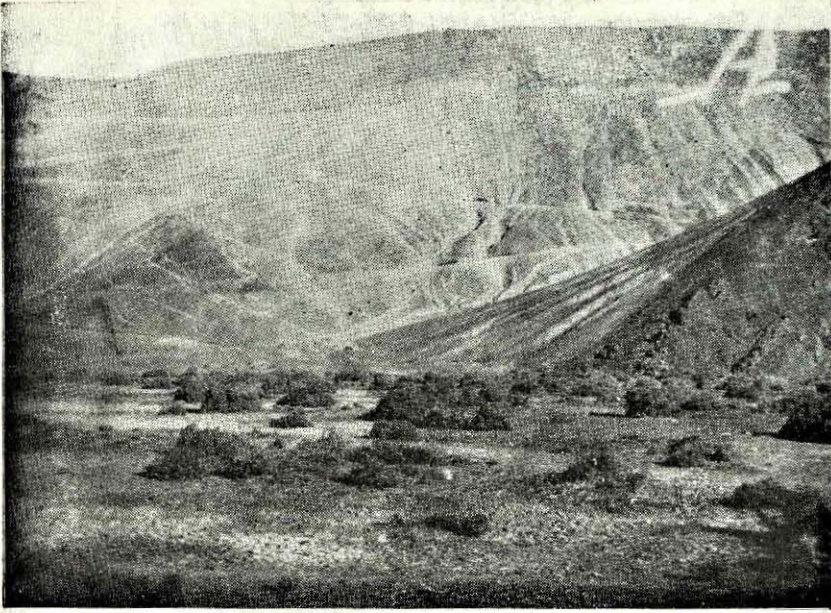
Por cierto. Los fondos gastados por el Estado en Obras Públicas son precisamente los mejor gastados por nuestra imprevisora Administración i serán los que vengán a salvar al país del funcionarismo, del militarismo i de las pensiones que invaden nuestro presupuesto i amenazan tragarse la mayor parte de nuestras entradas.

La zona minera que sirve el ferrocarril longitudinal es felizmente distinta de las que servirán los ferrocarriles que irán a los yacimientos de fierro, de manera que estas dos redes se completarán mutuamente i el cobre, profusamente desparramado en el desierto de Atacama, tendrá una explotación fácil i barata. Pero basta indicar que esta evolución se operará para comprender que todos los ferrocarriles pagarán sus gastos i así deberán dejar utilidades. De esta suerte queda desvanecido el temor de ciertos políticos agricultores que veían, en estos ferrocarriles del Norte, la ruina del Erario.

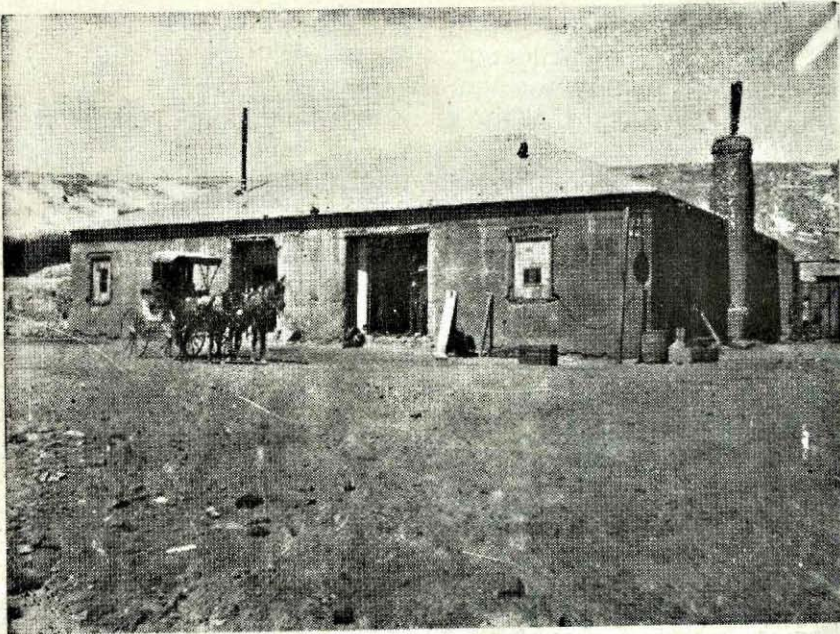
Vengo de tomar nota con gusto de la opinión de un Ministro de Industria que acaba de hacer el viaje por el Longitudinal desde Iquique hasta Santiago, i que puede decirse no era, ni mucho menos, un entusiasta de este gran ferrocarril. Pues bien, con una franqueza que le hace honor, confiesa que todos los sacrificios que ha hecho el Estado i haga en el porvenir por esta obra grandiosa resultarán altamente remunerativos, i que el país puede mirar con confianza el porvenir de la industria minera. Igualmente declara apoyar decididamente el proyecto de lei que crea el Cuerpo de Ingenieros de Minas i es de esperar, para bien de la minería, que su voz encuentre eco en el Congreso.

El honorable Ministro podría haber agregado todavía que este renacimiento de nuestra minería traerá consigo el florecimiento industrial mas soberbio que podamos imaginar en las provincias del norte en donde la hulla blanca, que no existe, será ventajosamente reemplazada por las industrias metalúrgicas del fierro i del cobre, así como en la de los productos manufacturados respectivos, por el combustible importado de primera calidad.

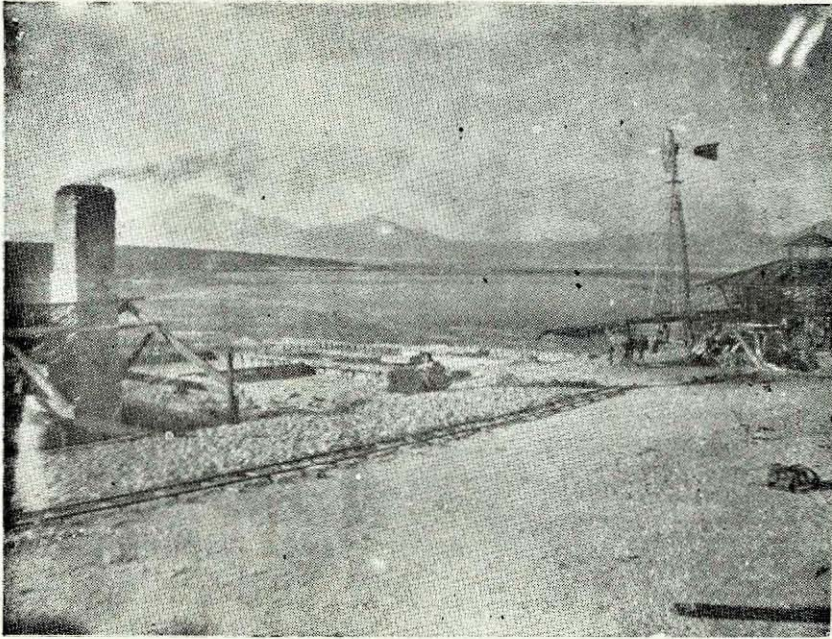
Tales son, a mi juicio, las deducciones que fluyen del estudio de estos pro-



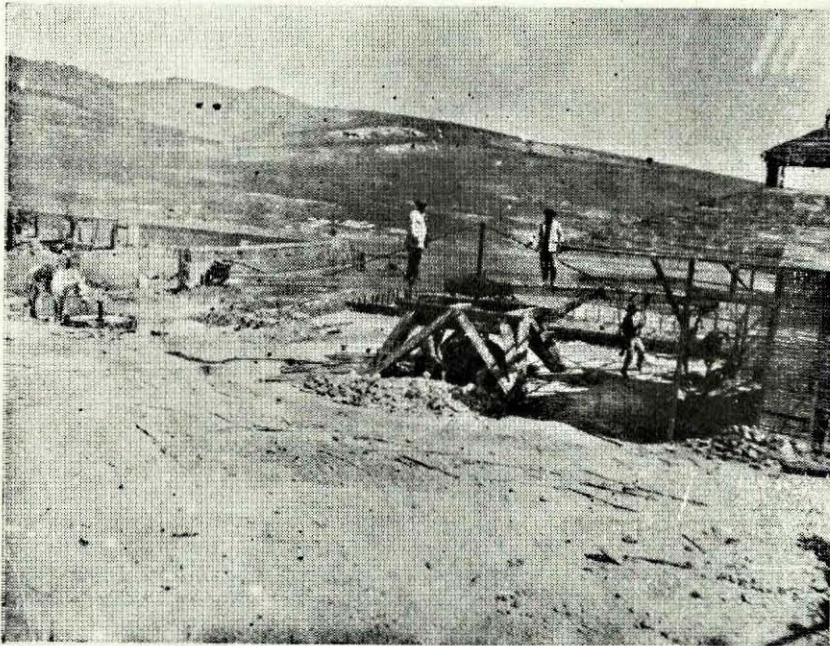
A.—CUESTA DE PASTOS CERRADOS A 2,240 METROS DE ALTURA.



I.—CASA ADMINISTRACION DE PEDERNALES.



2.—VISTA PARCIAL DEL ESTABLECIMIENTO.



3.—TRAPICHE PARA LA DISGREGACION DEL BÓRAX.

blemas económicos industriales i me ha parecido oportuno entregarlas a la consideracion del Directorio de nuestra Sociedad.

JAVIER GANDARILLAS MATTA.



Borateras de Pedernales

En el Departamento de Chañaral, Provincia de Atacama, en el meridiano 26° 20' de latitud Sur i 69° 10' de longitud O. i a una distancia aproximada de 190 kilómetros de la Costa, ubica el importante depósito de sales minerales denominado *Salar de Pedernales*. Ocupa una estension superficial aproximada de ciento veinte kilómetros cuadrados o sean 30 de ancho por 40 kilómetros de largo.

El Salar de Pedernales se encuentra en el fondo de una inmensa cuenca circundada por el Norte por el cerro Doña Ines que en su cono mas elevado mide una altura de 5,070 metros sobre el nivel del mar, por el Naciente, con los cerros de Aguas Heladas con 4,640 metros, Panteon de Aliste con 5,570, Cerro Azul con 5,150 i varios otros de menor altura; por el Sur con Pampa Amarilla a 3,960 metros de altura, Sierra de Los Aragoneses con 4,400 metros i por el Poniente con el cordon de Pedernales que forma parte de la cordillera de Domeyko; en el cono mas alto de este Cordon se mide 3,893 metros de altura.

Para llegar al Salar por el camino carretero actual hai que pasar por el Portezuelo de Pedernales a 3,630 metros, situado al Poniente del mismo: de allí se desciende hasta la enorme llanura por una pendiente suave, con una longitud de mas o ménos cinco kilómetros. El Salar de Pedernales se encuentra a 3,440 metros sobre el nivel del mar.

El trayecto para llegar a Pedernales, desde Chañaral, se descompone como sigue:

Por ferrocarril del Estado, de Chañaral a Pueblo Hundido..	64 kilómetros
Camino carretero, de Pueblo Hundido a Refresco de C. Muerto..	35 »
Camino carretero, de Refresco de Caballo Muerto a P. Cerrados..	46 »
Camino carretero, de Pastos Cerrados a Las Tablas.....	33 »
Camino carretero, de Las Tablas a Pedernales..	12 »
	<hr/>
	190 kilómetros

Como queda dicho, Chañaral i Pueblo Hundido están unidos por ferrocarril.

De Pueblo Hundido hasta Pedernales existe un buen camino carretero, construido en parte i reparado en otra el año pasado por la Compañía Boratera de Pedernales.

Saliendo de Pueblo Hundido, se sigue directamente el Este por la quebrada del Rio de la Sal, que divide los grandes llanos de Indio Muerto i Caballo Muerto hasta llegar a la encrucijada que forma la misma quebrada con la de Potrerillos, continuando por esta última hasta la encrucijada de Pastos Cerrados; en todo este trayecto no hai recursos de ningun jénero; en Pastos Cerrados hai unas diez hectáreas mas o ménos de vegas saladas formadas por un pequeño manantial procedente de las vertientes que existen mas al interior i que se denominan Vegas del Asiento. Como a cinco kilómetros de la encrucijada hai que trasmontar una altísima cuesta donde la ya nombrada Compañía Boratera labró una huella carretera en partes sobre roca i conglomerados con una lonjitud de 3,700 metros i un desnivel entre la base i la cumbre de la cuesta de 280 metros verticales.

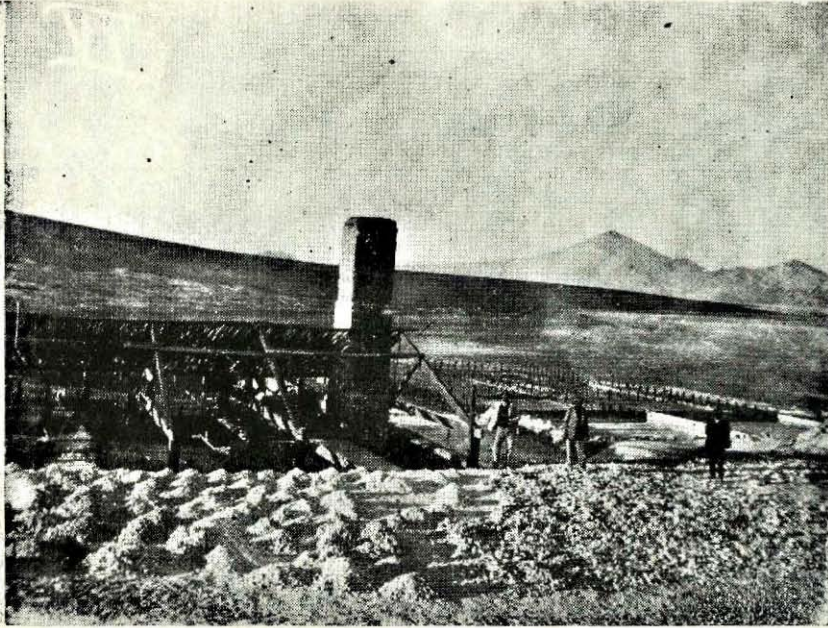
Al llegar a la cumbre sigue el camino por un llano para descender por la cuesta de San Juan al Rio de la Sal. Fué menester hacer un gran rodeo con este camino que lójicamente debió seguir el curso del rio de la Sal, para salvar un enorme salto i para procurarse agua para los animales, que no se encuentra por esta via.

La huella sigue bordeando el rio de la Sal que ha depositado en sus márgenes, por efectos de la evaporación, enormes cantidades de cloruro de sodio, hasta la quebrada de Las Tablas; en esta parte el camino comienza a ascender con una gradiente en partes superior a 10% hasta el Portezuelo de Pedernales, desde donde se descende hasta el Salar.

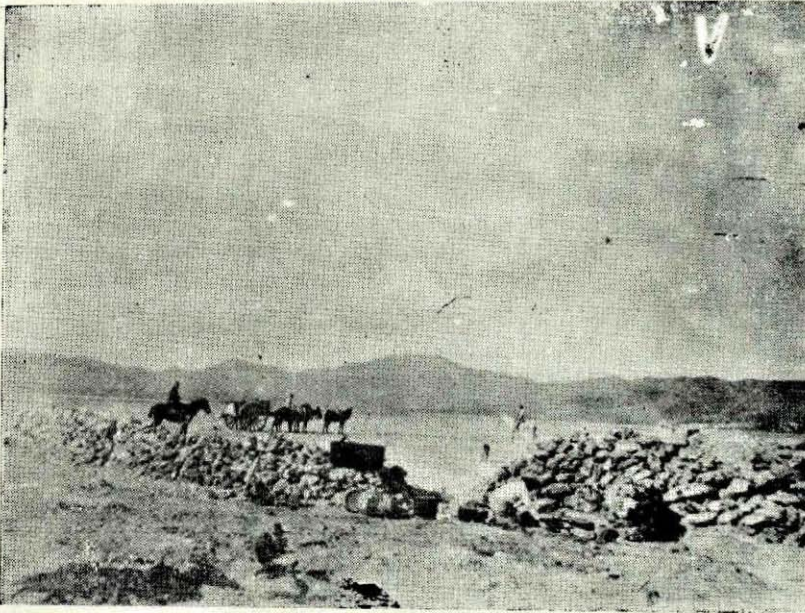
Al dominar el Portezuelo de Pedernales el panorama que se presenta a la vista es verdaderamente majestuoso i bello: una inmensa llanura blanquísima, con reflejos de nieve, surcada en diversas direcciones por líneas azuladas que corresponden a diferentes arroyos i manantiales que fluyen a la gran laguna situada en la parte Norte del Salar. Los contornos de la inmensa hollada están formados por altísimos cerros multicolores, la mayor parte de los cuales tienen sus cumbres eternamente nevadas.

Descendiendo la cuesta de Pedernales se llega a las casas de administracion i establecimiento para el beneficio de los boratos construido por la Compañía Boratera de Pedernales. En sus alrededores hai numerosas habitaciones para obreros, corrales para carretas i otras instalaciones.

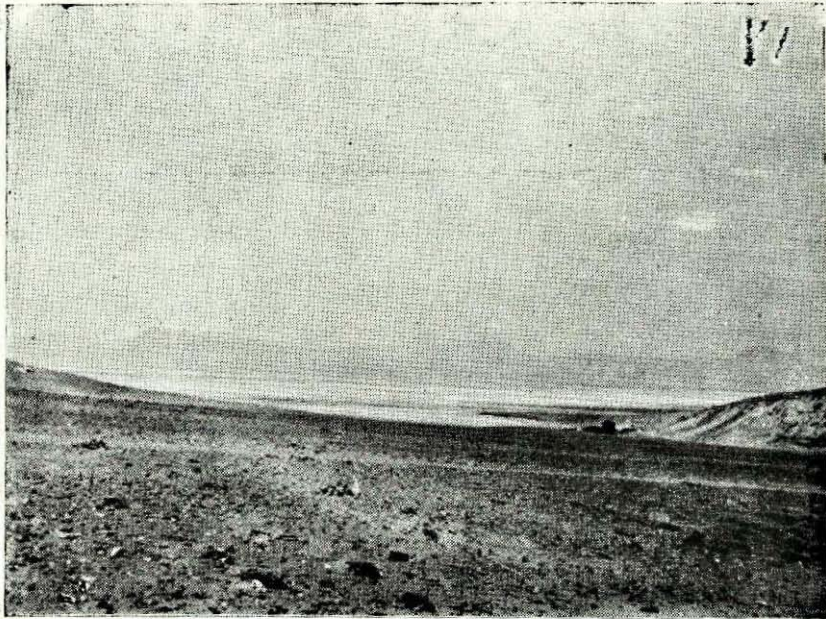
El establecimiento del beneficio de boratos se halla situado en un pequeño faldeo a uno de los costados del Salar. El tratamiento empleado para mejorar la lei de los boratos consiste en un lavado para separar las sustancias estériles, lo que se obtiene por la lei de densidades. La materia mineral se tritura i disgrega por medio de trapiches, a los que cae una fuerte corriente de agua que disuelve la pasta. El agua saturada corre sobre una serie de cajones, comunicados por la parte superior, en los cuales van depositándose las materias mas pesadas; el bórax (ulexita) como sustancia mas liviana pasa en suspension a los depósitos o filtros: de allí se le estrae a las canchas para secarlo al aire libre por un tiempo prudencial; por efecto de la altura la evaporacion es allí relativamente rápida; no obstante, estos residuos quedan con mas de 30% de humedad i para quitársela es indispensable la calcinacion, la que se efectúa en hornos cerrados rectangulares, empleándose como combustible la leña, que existe en las cercanías del Salar i que se obtiene conduciéndola por tropas de



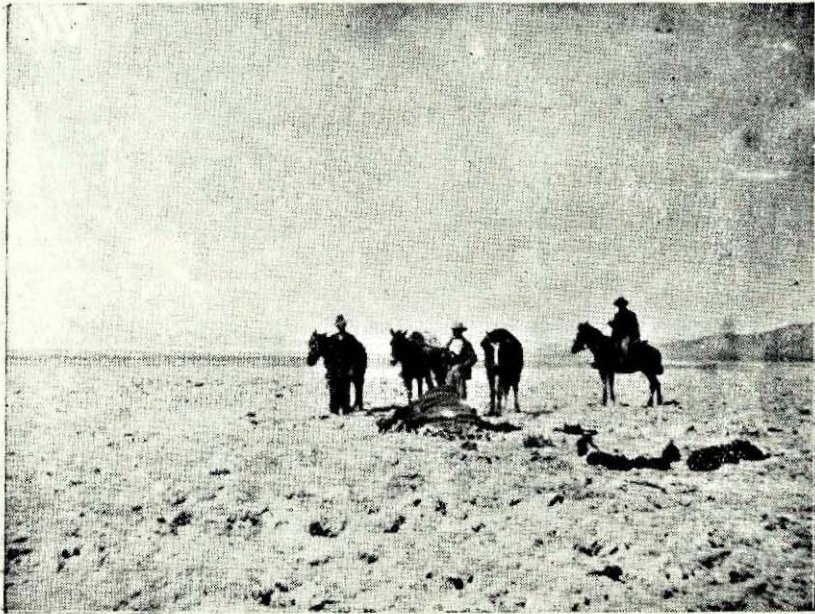
4.—CANCHA PARA SECAR BORATOS I HORNOS DE CALCINACION.



5.—TRABAJOS EN LA PAMPA.



6.—VISTA DE UNA PARTE DEL SALAR,



7.—EN PLENO SALAR, RECONOCIENDO UNA CACA.

burros a un precio de mas o ménos \$ 45 la tonelada, puesta en las canchas del establecimiento.

El beneficio adoptado por la Compañía Boratera de Pedernales es anti-cuado i defectuoso. Como indicaremos mas adelante, la materia bruta que se produce en Pedernales es compleja i está formada por diversas sales de gran aprovechamiento industrial. Lo natural i lójico seria montar allí mismo las maquinarias i aparatos para utilizar los productos de este enorme yacimiento por medio de los procedimientos indicados por la química industrial. Allí existen las materias primas i todos los reactivos necesarios para producir la soda cáustica, el carbonato de soda, el ácido bórico, el borato cristalizado (atinkal) i todos los derivados correspondientes, así como ácidos clorhídrico, sulfúrico, etcétera.

Pero atendidas las condiciones en que hizo la explotacion la Compañía Boratera de Pedernales, se ve claramente que no era posible hacer mas; así consiguieron hacer una explotacion de cincuenta toneladas mas o ménos, a principios del año en curso, que sirvieron para demostrar la existencia de boratos de cal en condiciones industriales aprovechables; pero considerando el mayor costo del artículo producido en relacion con el precio de venta, a consecuencia de los gastos anormales de explotacion, fletes exajerados, etc., hubieron de paralizarse i suspenderse temporalmente los trabajos hasta miéntras pueda hacerse una explotacion i acarreo económicos, lo que se cree podrá efectuarse en poco tiempo mas.

A continuacion de donde ubica el establecimiento, hácia el Norte i el Naciente, se estiende la capa borácica que parece ha sido formada por el sedimento de un inmenso lago que en épocas prehistóricas debió ocupar toda la cuenca del Salar; este lago, con el trascurso de los años, parece que consiguió abrirse un paso subterráneo, dando oríjen al Rio de la Sal que no es otra cosa que el producto de las filtraciones de la laguna de Pedernales.

A cinco kilómetros al Norte directo del establecimiento se encuentra la laguna a que nos referimos, que abarca una estension aproximada de diez kilómetros cuadrados; esta laguna aumenta de volúmen en el invierno i disminuye en el verano. En todos los contornos de la laguna i en las partes bajas de sus orillas, hasta donde ha sido posible penetrar, se encuentran gruesas capas de borato limpio i fibroso hasta de un metro veinte centímetros de espesor. La explotacion de este borato es actualmente un poco difícil por encontrarse en un terreno fangoso donde su transporte es hasta cierto punto impracticable; pero este inconveniente puede subsanarse haciendo algunos trabajos de disecacion o construyendo puentes movibles para el paso de líneas Decauville.

El resto de la pampa, en casi toda su estension, está formado por un salar continuo, con una capa de cloruro de sodio i otras sustancias, variable entre ochenta i veinte centímetros de espesor; quebrantando esta costra, que, por su composicion, es mui blanda i quebradiza, se descubre el manto de borato de cal en capas uniformes, sin solucion de continuidad, con espesores diversos que fluctúan entre diez i setenta i cinco centímetros.

Se observan diferentes variedades de colores en la presentacion de los boratos: los hai negros, rosados, amarillos, plomizos i hasta verdosos; pero los mas abundantes son los blancos que se presentan en forma de masa de queso

recien fabricado i que, al secarse, presentan una estructura fibrosa, con lustre de seda.

Se ha podido constatar, por el reconocimiento de mas de mil catas hechas en distintas direcciones, que la capa borácica es continua; no existen en este Salar las capas o bolsones que se presentan en otros. Tambien ha podido observarse en algunos de los reconocimientos hechos que existen dos i hasta tres capas de boratos superpuestas unas sobre otras i divididas por depósitos sedimentarios, pudiéndose comprobar que las capas inferiores contienen mayor lei de ácido bórico que las superficiales.

En algunas partes se ha encontrado debajo de las capas de boratos una verdadera plataforma de cloruro de sodio cristalizado en grandes cubos perfectos, de dimensiones que varian entre tres i ocho centímetros.

El borato se presenta en este Salar mezclado con una fuerte proporcion de sulfato de cal (yeso) cuya separacion por los medios mecánicos es un poco complicada i dificultosa; no obstante, puede hacerse; pero el ideal seria hacerles un tratamiento químico, para lo cual, léjos de ser un inconveniente, seria una facilidad la presencia del sulfato de cal; análisis de boratos, en estado natural, han dado los siguientes resultados:

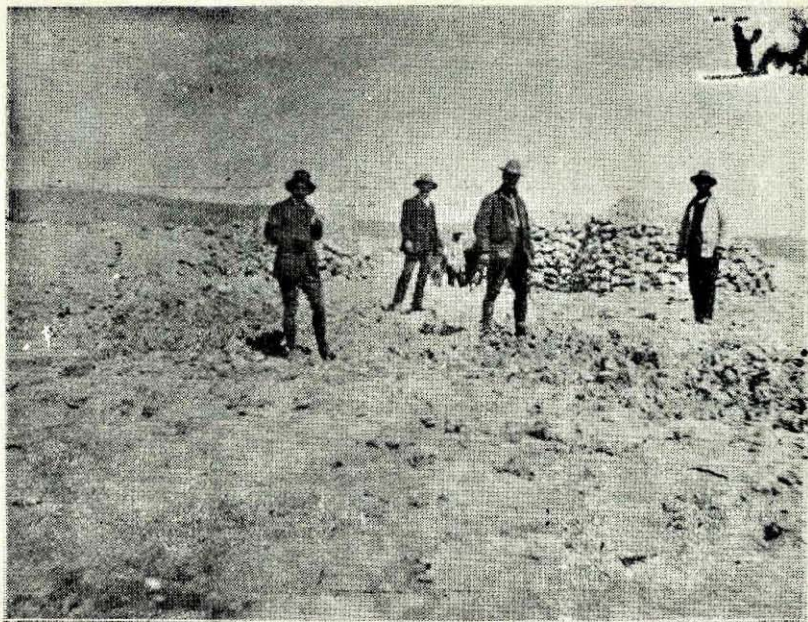
Acido bórico anhidro..	16.75 %
Cal..	17.80 »
Magnesia..	1.20 »
Potasa (indicios)..	
Soda..	4.55 »
Cloruro de sodio..	8.80 »
Acido sulfúrico anhidro..	7.60 »
Sílice..	2.50 »
Humedad..	40.50 »
	<hr/>
	100.00 %

Sometidas a tratamiento de lavado mecánico, estas leyes se han modificado como sigue:

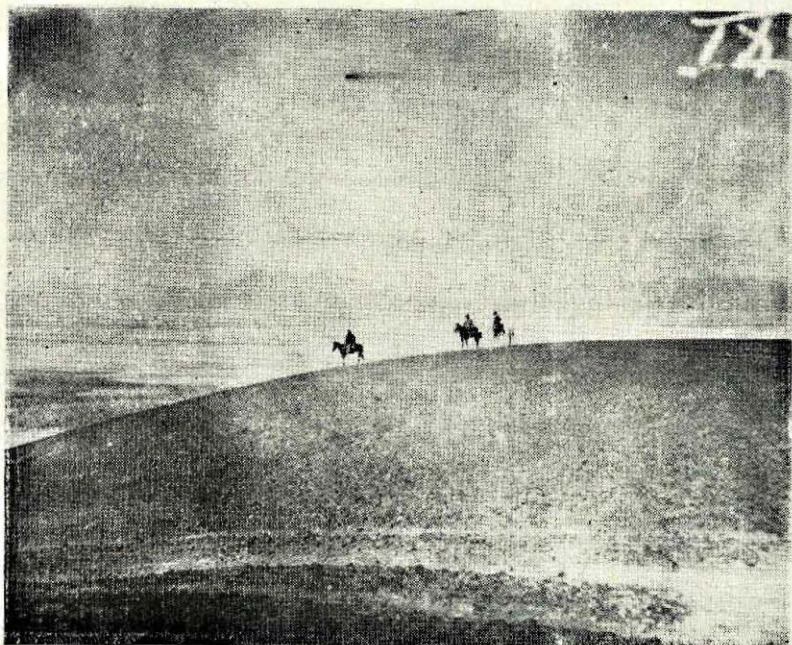
Acido bórico anhidro..	32.40 %
Cal combinada..	10.18 »
Magnesia..	1.55 »
Soda..	4.91 »
Carbonato de cal..	1.30 »
Sulfato de cal..	23.68 »
Cloruro de sodio..	10.13 »
Alúmina i óxido de hierro..	0.43 »
Sílice e insolubles..	4.75 »
Agua i materias orgánicas..	10.67 »
	<hr/>
	100.00 %

Lei que corresponde:

En ácido bórico cristalizado..	57.39 %
En borato de cal cristalizado..	88.41 »



8.—EL SEÑOR WILLIAM BRADEN (AL CENTRO) VISITANDO LA PAMPA.



9.—VISTA DEL SALAR DESDE UNA LOMA.

Con otro tratamiento, hecho en mejores condiciones que el anterior, se obtuvieron las siguientes leyes:

Acido bórico anhidro..	43.50 %
Cal..	21.40 »
Magnesia..	1.80 »
Soda..	8.05 »
Oxidos de fierro i alúmina..	0.35 »
Cloruro de sodio..	3.50 »
Acido sulfúrico anhidro..	8.60 »
Sílice..	2.80 »
Humedad..	10.20 »
	<hr/>
	100.00 %

Se ve que con un tratamiento adecuado, aun por medios mecánicos, es posible mejorar considerablemente la lei de ácido bórico anhidro, que es la sustancia mas valiosa.

No se ha hecho aun una cubicacion aproximada de la existencia de borato en este Salar; pero sin vacilar puede afirmarse que allí existen algunos millones de toneladas de bórax, de posible i fácil estraccion.

Disponiéndose de todos los elementos necesarios podria hacerse una esplotacion remunerativa, calculándose los siguientes gastos por tonelada métrica.

Estraccion i conduccion al establecimiento....	\$ 15.00
Elaboracion i calcinacion..	23.00
Embalaje..	12.00
Flete por carretas o automóviles..	55.00
Flete por ferrocarril..	7.50
Embarques i otros gastos..	9.00
Gastos jenerales..	6.50
Flete marítimo 32 chelines..	38.40
	<hr/>
	\$ 166.40

Suma que al cambio de 10 d. representa un valor de £ 6.18.8.

Pudiéndose aumentar la lei a 44 %, que es el tipo comercial, por el cual se paga actualmente £ 12.15, operacion que, como queda indicado, puede con facilidad ejecutarse, se tendria un márgen de utilidades bastante satisfactorio. I atendiendo a la enorme estension de terrenos esplotables, como queda manifestado, se ve que en Pedernales existe una riqueza que solo espera la iniciativa del hombre, con el ausilio del capital, para ser esplotada.

El consumo del borato en las industrias fabriles aumenta de año en año i no se divisa la sustancia que pudiera reemplazarlo en los diversos usos a que se le destina.

En el Salar de Pedernales hai constituidas algunas propiedades mineras, siendo las mas importantes las que pertenecen a la Sociedad Boratera de Pe-

dernales, de la cual es el principal accionista el acaudalado industrial don Walter Lihn i la Compañía de Borato de Cal de Doña Ines; la primera posee una estension de 8,400 hectáreas i la segunda 4,800.

Santiago, octubre 25 de 1913.

EULIO C. LORCA.



La industria del petróleo

INTRODUCCION.

El objeto de la presente publicacion es dar a conocer en sus lineas jenerales, en forma práctica i al alcance de todo el mundo la industria del Petróleo, que ha despertado, desde hace algun tiempo i con sobrada razon, el interes de capitalistas e industriales chilenos.

El autor ha estudiado detenidamente i en todas sus fases esta industria en los Estados Unidos, ya trabajando en calidad de obrero en los campos petrolíferos i en las refinerías de petróleo de California, ya asistiendo a los cursos universitarios i laboratorios de tecnología del petróleo o estudiando la abundante literatura técnica que existe sobre la materia.

En vez de escribir un informe técnico que seria de interes solo para mis escasos colegas profesionales del pais, he creido que seria de mayor utilidad una esposicion sencilla i sin tecnicismo, que puede interesar a muchos que están en relacion o tienen parte en la naciente industria petrolífera nacional.

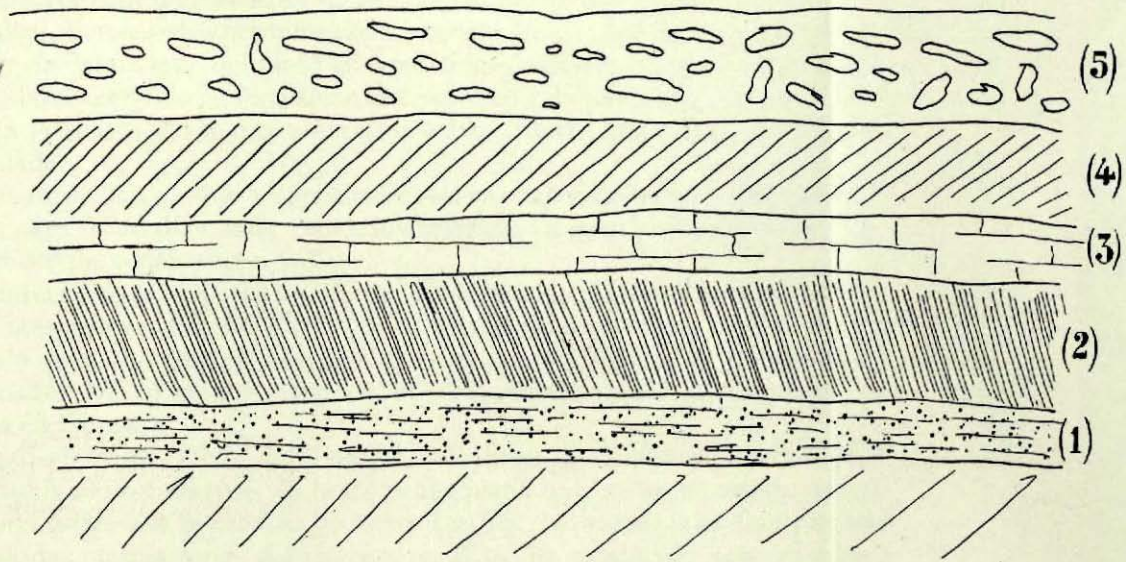
Antes de entrar en materia, quiero manifestar mis agradecimientos a los señores: Arturo Lorca, Cónsul de Chile en San Francisco, i Jeneral Frank C. Prescott, Cónsul de Chile en Los Angeles, por las atenciones i facilidades que me dispensaron constantemente i que presentándome a los directores de las principales compañías petrolíferas de California, me abrieron el camino para llevar a término las investigaciones que perseguia.

I.—YACIMIENTOS DE PETRÓLEO

El petróleo se encuentra estensamente difundido en el globo terrestre i son mui variadas las formaciones jeológicas o los terrenos en que se le encuentra. Jeneralmente se presenta impregnando mantos de arena i otras rocas sedimentarias mas o ménos porosas, como ser: areniscas, calizas, margas, etc.

Dichos mantos de arena i rocas sedimentarias se han orijinado en el fondo de las aguas de lagos i mares depositándose en forma de capas horizontales. Simultáneamente con la formacion de estas capas se han depositado en ellas abundantes restos orgánicos de oríjen vegetal o animal, provenientes de la flora i fauna de los mismos lagos i mares. Posteriormente se ha depositado sobre dichas capas una gruesa capa de arcilla, dejando encerrados los restos orgáni-

FIGURA 1

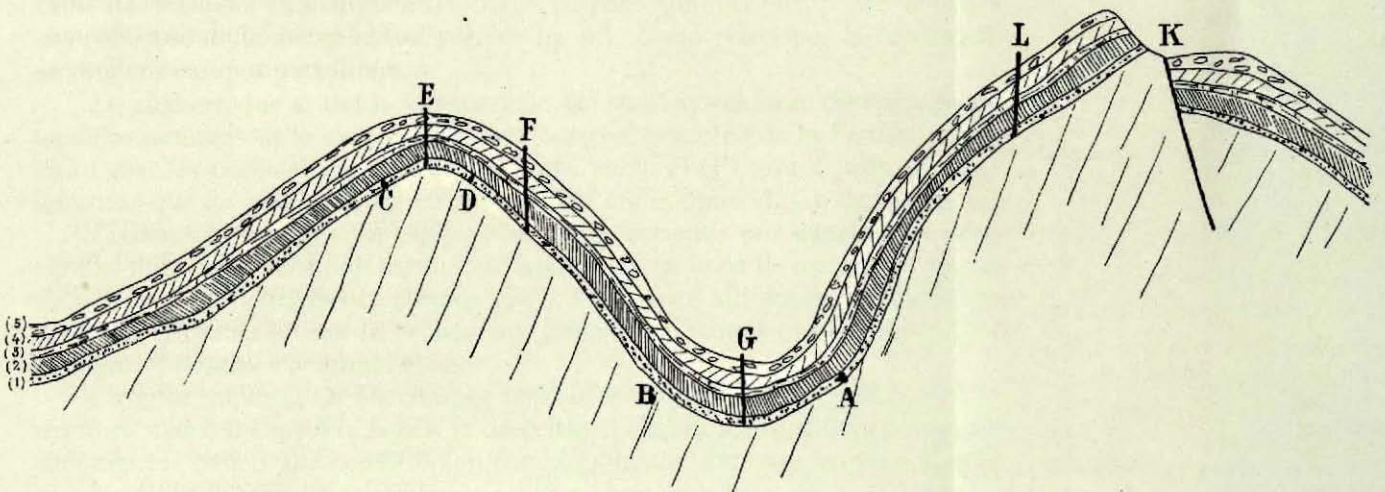


1 MANTO PETROLÍFERO

2 CAPA DE ARCILLA

3, 4, 5, CAPAS DE TERRENO SEDIMENTARIO

FIGURA 2



cos con cierta cantidad de agua salada dentro del manto sedimentario de arena o caliza. Estos restos orgánicos han entrado lentamente en descomposicion en ausencia del oxígeno del aire i en condiciones especiales de presion i temperatura, dando orijen a la formacion del petróleo i de gases que quedan embebidos en los poros del manto arenoso o calizo, juntos con cierta cantidad de agua salada.

Mas tarde han venido a depositarse nuevas capas de terreno sedimentario sobre la capa de arcilla citada, dejando enterrado i a gran profundidad el manto o estrata que contiene el petróleo.

Traduciendo lo dicho en un dibujo, tendremos lo que se ve en Figura 1.

A causa de erupciones i otras manifestaciones volcánicas posteriores los mantos o capas horizontales de la Figura 1 han sido plegados, fracturados i trastornados mas o ménos intensamente llegando a tomar la forma que se muestra en Figura 2.

Analicemos los efectos de la accion volcánica: La configuracion del terreno ha cambiado totalmente, de horizontal i plana que era se ha vuelto irregular, dando orijen a la formacion de cerros i valles. La estratas se han plegado siguiendo las ondulaciones del terreno; en K, se ha producido una fractura i las diversas capas sedimentarias aparecen a la superficie.

El petróleo, los gases i el agua salada contenidos en la estrata inferior (I) i que se encontraban mezclados entre sí, cuando las capas estaban en su posicion horizontal primitiva, se han separado unos de otros i se han acomodado, dentro de la estrata ondulada, en zonas de acuerdo con sus densidades respectivas. En efecto, el agua, que es la mas pesada de los tres, ha ido a depositarse en la parte mas baja de la estrata, es decir, en la zona (AB) de la Figura 2; los gases, a causa de su menor densidad, se han concentrado en la zona mas alta (CD) del manto; miéntras que el petróleo, que tiene una densidad intermedia entre el agua i los gases, ha tomado la posicion intermedia en la zona (BD) del manto.

Este acomodo de los gases, del petróleo i del agua salada, tiene lugar lentamente, pues deben vencer la friccion a su paso por entre los poros de la arena; pero que dicho acomodo se verifica ha sido demostrado por la experiencia en muchos campos petrolíferos.

De manera que si desde la superficie del suelo se perforan diversos pozos, aquellos situados en la cumbre del cerro como el pozo (E) de la Figura, producirán gas; los pozos situados a media falda, como el (F), producirán petróleo; miéntras que los que se sitúen en el fondo del valle, como el (G), darán agua.

Creemos oportuno aquí esplicar lo que se entiende por «sinclinal» i «anticlinal», pues estos términos están continuamente en boca de los que se ocupan de petróleo. Anticlinal es la porcion (BD) del manto, allí donde se acumula el petróleo, de acuerdo con la esplicacion anterior; sinclinal es la porcion (AB) del manto, donde se acumula el agua.

La gran mayoría de los campos petrolíferos conocidos presentan una estructura mas o ménos parecida a la descrita en Figura 2; sin embargo, algunos yacimientos tienen una constitucion completamente diferente, en ellos el manto o los mantos petrolíferos son mas o ménos horizontales o presentan una pequeña inclinacion constante i no es posible hacer distinciones entre anticlina-

les i sinclinales; otras veces, los mantos se encuentran verticales o poco ménos; por fin, suelen estar los mantos petrolíferos tan dislocados i quebrados a causa de acciones volcánicas repetidas que es difícil, por no decir imposible, acertar con su forma i ubicacion subterránea.

Por algun tiempo tuvo gran aceptacion la teoría que el petróleo se encontraba encerrado en grandes cavidades o huecos subterráneos irregularmente distribuidos dentro de la corteza terrestre; esta teoría servia para explicar satisfactoriamente la enorme produccion i la descarga violenta i espontánea de petróleo que suelen hacer algunos pozos. El estudio sistemático de los diversos campos petrolíferos i la esperiencia derivada del trabajo de los mismos ha desterrado definitivamente la idea enunciada para dar lugar a esta otra: que el petróleo se encuentra embebido en los poros de mantos o estratas de arena o rocas sedimentarias porosas; i se explica que algunos pozos hayan producido cantidades fabulosas de petróleo, por el hecho que la porosidad de ciertos mantos de arena de gran espesor es mui considerable, al extremo que pueden absorber una cantidad de líquido equivalente hasta al 50% de su volúmen.

El petróleo i los gases contenidos en los mantos petrolíferos se encuentran a menudo sometidos a enormes presiones i en muchos pozos perforados en tales mantos se han podido palpar los efectos de esas grandes presiones. Citaremos algunos casos:

Un pozo de 850 metros de profundidad, perforado en Santa Bárbara (California) por la Union Oil Co. hace pocos años, empezó violentamente a arrojar gran cantidad de petróleo, estimada en 1,300 toneladas diarias; el chorro de petróleo que salia por la boca del pozo alcanzaba a mas de 40 metros de altura sobre el nivel del suelo i arrastraba consigo gran cantidad de arena proveniente del manto petrolífero; a causa de la violencia de la emanacion de petróleo i gas, el suelo se agrietó en los alrededores del pozo formando un verdadero cráter de unos 20 metros de diámetro por el cual continuó escapándose el petróleo por largo tiempo.

En 1908 un pozo perforado por la Mexican Petroleum Company, en Tampico, Méjico, se inició con tal violencia que formó en poco tiempo un cráter de unos 75 metros de diámetro, del cual emanó tal cantidad de petróleo que formó un lago de diez hectáreas de superficie i en él se sumerjieron la torre i la maquinaria que habian servido para la perforacion del pozo; el mismo pozo arrojó mas de 2.000,000 de toneladas de tierra i arena mezcladas con el petróleo.

En Rusia i en muchos otros campos petrolíferos han ocurrido casos semejantes i se rejistran pozos que han producido hasta 15,000 toneladas de petróleo por día.

En cuanto a grandes producciones de gas bajo altas presiones, los pozos de Pennsylvania son un buen ejemplo; algunos de esos pozos han producido mas de 1.000,000 de metros cúbicos de gas por día bajo presiones de hasta 1,500 libras por pulgada.

Los casos citados son escepcionales, en la gran mayoría de los casos la presion del petróleo i de los gases es reducida i jeneralmente es necesario bombear al primero para estraerlo de los pozos.

La capacidad productora de los pozos depende principalmente del espe-

sor de los mantos petrolíferos i de su porosidad; se comprende que mientras mayores sean el espesor i la porosidad, tanto mayor será la cantidad de petróleo contenido en el manto i la capacidad productora de los pozos estará en proporción.

A menudo se nota una marcada diferencia en la capacidad productora de diversos pozos vecinos i ubicados sobre el mismo manto petrolífero, esto es consecuencia de la falta de uniformidad en el manto que puede variar considerablemente tanto en su espesor como en su porosidad dentro de un espacio reducido.

En todo caso es muy difícil hacer una estimación mas o menos aproximada de la cantidad de petróleo que se puede extraer de un manto petrolífero aunque él sea uniforme i de espesor conocido, pues hai muchos factores imprevistos que intervienen en la extracción. En el caso de mantos trastornados i fracturados una estimación de la cantidad de petróleo explotable es sencillamente imposible.

Las cantidades de petróleo extraídas, por hectárea de terreno, en los diversos campos petrolíferos conocidos, varia entre límites sumamente estensos. El máximo de producción por hectárea lo registra una compañía inglesa que opera en Baku, i es de 750,000 toneladas de petróleo por hectárea; la extensión de terreno que posee dicha compañía es de 10 hectáreas aproximadamente i la cantidad de petróleo extraído de ella llenaría un estanque de la misma dimensión por base hasta una altura de 100 metros. Los pozos de esta compañía siguen en producción i el terreno no está, por consiguiente, agotado todavía.

Los campos petrolíferos de Pennsylvania han producido, por término medio, unas 500 toneladas por hectárea.

En Illinois se anota una producción de 1,000 toneladas por hectárea, siendo el espesor del manto petrolífero 7.50 mts. en término medio.

Otra cuestión que tiene estrecha relación con la producción es la distancia a que deben perforarse los pozos. El ideal sería, naturalmente, distanciar los pozos entre sí de manera a extraer la totalidad del petróleo con el menor número de pozos, o sea, en otros términos, extraer el máximo de petróleo al mínimo de costo. No es posible establecer una regla para alcanzar el ideal apuntado. Los campos petrolíferos en explotación presentan grandes diverjencias a este respecto; mientras en algunos los pozos están tan próximos que pasan de diez por hectárea de terreno, en otros campos distan mas de 100 metros unos de otros. En jeneral, los pozos están muy irregularmente distribuidos sobre el terreno i su ubicación obedece a necesidades locales o a razones de índole económica. Así, por ejemplo, un propietario empieza jeneralmente a perforar pozos a lo largo de las líneas divisorias de su propiedad con el fin de extraer con sus pozos la mayor cantidad posible de petróleo contenido en el terreno de sus vecinos. En otros casos, cuando el precio del petróleo sube, cada uno tratará de perforar nuevos pozos, dentro de su propiedad, para aumentar su producción i aprovechar el alza de precios; a pesar de que con menor número de pozos podría extraer la misma cantidad total de petróleo en un tiempo mas largo.

El área afectada por un pozo determinado, o sea la extensión de terreno de la cual extrae el petróleo, depende principalmente de la porosidad i de la

consistencia del manto. Así, por ejemplo, si se trata de un manto calizo relativamente duro i poco poroso, el área afectada por un pozo será reducida, posiblemente no pasará de algunos metros de diámetro. En el caso de mantos de arena, por el contrario, el área afectada puede ser mui considerable i es especialmente estensa cuando el petróleo i gas se encuentran sometidos a fuertes presiones; en este caso, como se ha dicho mas arriba, grandes cantidades de arena son arrojadas por la boca del pozo dando oríjen a la formacion de verdaderos canales subterráneos, que se estienden en todos sentidos i por ellos se escurre el petróleo hácia el pozo.

Un fenómeno que afecta mui desfavorablemente la productividad de los mantos petrolíferos es la infiltracion, dentro de estos mantos, del agua proveniente de capas superiores de terreno. Nos ocuparemos con un poco de detenimiento de este fenómeno que ha acarreado, en muchos casos, la ruina completa de valiosas estensiones de terrenos petrolíferos.

En la actualidad es posible la supresion de estas infiltraciones i ella es obligatoria, por lei, en casi todos los paises.

Casi invariablemente durante la perforacion de un pozo se encuentran i atraviesan una o mas capas de terreno acuífero ántes de alcanzar el manto petrolífero. El agua que brota del terreno acuífero cae, naturalmente, al fondo del pozo i cuando éste penetra el manto petrolífero, el agua, en virtud de su mayor peso, repele al petróleo i toma su lugar en los poros del manto petrolífero impidiendo que el petróleo salga por el pozo. A la larga el agua, que por lo comun es mas abundante que el petróleo, desaloja a este último o se mezcla con él íntimamente formando una emulsion que no tiene valor comercial alguno.

En el caso de pozos de petróleo surjentes el agua no puede, al principio, descender al fondo del pozo venciendo la presion del gas natural i del petróleo; pero, invariablemente, los pozos surjentes pierden su presion despues de algun tiempo i entónces el agua penetra, produciendo los deterioros consiguientes.

El agua que se filtra dentro del manto, por un pozo, no solo arruina el pozo en cuestion sino que, poco a poco, arruina a los vecinos, i no se detiene jamas en sus efectos destructores.

Una de las primeras medidas que debe adoptar un Gobierno que quiera conservar sus fuentes de petróleo, es hacer obligatoria la corta de infiltraciones de agua en todos los pozos sin escepcion. Como se dijo mas arriba, esta obligacion es impuesta a los industriales, por lei, en todos los paises que tienen terrenos petrolíferos de alguna importancia.

La duracion de los pozos, que depende naturalmente de la cantidad de petróleo almacenada en el manto respectivo, varia entre límites mui estensos; miéntras algunos pozos han estado produciendo, sin interrupcion, por veinte o mas años, otros han tenido una corta existencia que no ha alcanzado sino a pocos meses. Por regla jeneral la produccion de los pozos disminuye paulatinamente con el tiempo hasta completo agotamiento. Los pozos que han sido surjentes, en un principio, pierden con el tiempo su actividad, posteriormente es necesario bombearlos i, por fin, se agotan mas o ménos completamente. De suerte que los mantos petrolíferos se agotan, del mismo modo que se agotan los mantos de carbon o las vetas metalíferas, para no volver a ser productivos.

Eventualmente el agua, que se infiltra desde la superficie o proveniente de capas acuíferas superiores, ocupa el espacio vacío dejado por el petróleo en los mantos agotados.

Analicemos ahora cuáles son las manifestaciones superficiales i los fenómenos que revelan la existencia del petróleo:

La topografía i la vejetacion del suelo dicen poco con relacion a la existencia del petróleo. En efecto, hai campos petrolíferos ubicados en rejiones mui montañosas i quebradas, miéntras que otros se encuentran en terrenos mas o ménos planos. Esto se explica fácilmente por el hecho que la formacion de los mantos petrolíferos ha sido siempre anterior i no tiene relacion alguna con los fenómenos volcánicos o de otro órden que han dado orijen a la formacion de los cerros i de los valles.

En cuanto a la vejetacion, ella es influenciada, a veces, por la presencia del petróleo, pues éste tiene accion destructora sobre la primera. Sin embargo, esta influencia se hace sentir solamente cuando el petróleo se encuentra cerca de la superficie o cuando, por efecto de fracturas i fallas, puede salir a la superficie del terreno; así, no es raro que la vejetacion sea escasa i raquítica en esos casos. Por el contrario, cuando el petróleo se encuentra a gran profundidad i la ausencia de grietas i fracturas impide su acceso a la superficie, la vejetacion no es influenciada en lo mas mínimo. En los campos petrolíferos de La Habra, cerca de Los Angeles, California, hemos visto pozos de petróleo en plena produccion en medio de los huertos de naranjos mas fértiles i productivos; en este lugar, los mantos petrolíferos se encuentran a una profundidad que varia de 900 a 1,200 metros.

Al gas natural, que es un magnífico combustible i que se emplea como tal en muchas partes i en Chile mismo, como tambien otros gases sulfurosos de olor penetrante i desagradable son compañeros constantes del petróleo, aunque la presencia de los primeros no es siempre prueba de la existencia del último.

El gas natural se produce tambien en los pantanos, pero cuando proviene de un manto petrolífero tiene invariablemente un olor característico a petróleo que es fácil distinguir. El gas natural, que llamaremos «petrolífero» para distinguirlo del gas de pantanos, se escapa de grietas del suelo que están en comunicacion con el manto petrolífero; estas emanaciones se producen jeneralmente en la vecindad de los afloramientos de dichos mantos i es fácil observarlas cuando el suelo está mojado, pues en este caso se ven las burbujas de gas i ellas se inflaman al acercarles la llama de un fósforo; es mucho mas difícil observar las emanaciones gaseosas cuando el suelo está seco, pues es imposible ver las burbujas i siendo el gas incoloro el único medio de apercibirse de su presencia es por medio del olfato.

En algunos casos las emanaciones gaseosas son tan violentas que sus efectos son manifiestos por demas; así, por ejemplo, en Baku existe un verdadero volcan de gas natural, del cual emana intermitentemente con tal fuerza que remueve grandes cantidades de tierra dejando huecos i grandes grietas en el suelo. En el mismo Baku las emanaciones de gas natural inflamable son conocidas desde antaño, ellas dan orijen, por inflamacion espontánea, a los fuegos fatuos que han sido allí objeto de culto relijioso por tanto tiempo.

El gas natural se manifiesta igualmente en el mar cuando los mantos pe-

trolíferos se extienden debajo de las aguas; se observan en el mar Caspio, i cerca de las costas de Burma i Borneo, a proximidad de los campos petrolíferos de los mismos lugares; en algunas ocasiones las emanaciones han sido tan violentas que han puesto en peligro a las embarcaciones que se han aventurado en su vecindad.

Algunos gases sulfurosos de olor penetrante acompañan tambien a menudo al petróleo; ellos se desarrollan en condiciones semejantes a las en que se produce el gas natural, pero siempre en menor cantidad; es fácil reconocer dichos gases por su olor característico i desagradable.

Asimismo, es frecuente la presencia de aguas sulfurosas en los campos petrolíferos; en Rusia, Rumania, India, California, etc., muchas de las fuentes termales sulfurosas, que visitan los enfermos, se encuentran en los campos petrolíferos i en estrecha relacion con los yacimientos de petróleo.

Cuando el manto petrolífero se encuentra a poca profundidad i está cubierto por capas de terreno arcilloso embebido en agua, los gases que se desprenden del primero atraviesan dichas capas i salen a la superficie del terreno arrastrando consigo cierta cantidad de lodo; este lodo se deposita en forma de conos, que a veces alcanzan dimensiones considerables, que se denominan con el nombre de volcanes de lodo, pues, en realidad, tienen toda la apariencia de pequeños volcanes, con sus cráteres, por los cuales sale el gas arrastrando el lodo que proviene de las capas arcillosas. Los volcanes de lodo son un buen indicio superficial de la existencia del petróleo; ellos son frecuentes en los campos petrolíferos de Baku, de la India, etc.

Dos sustancias que se encuentran a menudo en los yacimientos de petróleo, son la sal comun i el azufre.

Bancos de sal de espesores considerables se encuentran con frecuencia en las formaciones petrolíferas i en muchos países la industria de la sal ha sido la precursora de la industria del petróleo. En Pennsylvania, por ejemplo, los productores de sal se lamentaban de la presencia de cierta materia aceitosa que impurificaba su producto; esto llamó la atención del Coronel Drake, quien, en 1859, inició la perforación de un pozo, en medio de las minas de sal, que lo llevó al descubrimiento del petróleo en Pennsylvania que es, hasta la fecha, motivo de una de las principales industrias de aquel estado. En Rumania existen poderosos mantos de sal intercalados en las formaciones petrolíferas i las dos sustancias, sal i petróleo, son simultáneamente objeto de explotación activa.

El agua salada está íntimamente ligada a la existencia del petróleo, ella se encuentra dentro de los mantos petrolíferos mismos i son innumerables los pozos que producen petróleo mezclado con agua salada en proporciones variables. En muchos de los campos petrolíferos se encuentran lagos salados i eflorescencias de sal en la superficie del suelo. En los campos petrolíferos rusos el agua fresca es tan escasa que es necesario destilar el agua salada para la bebida.

El azufre es tambien compañero constante del petróleo; en efecto, es solo por escepcion que se encuentran petróleos crudos que no lo contengan; la proporción de azufre en algunas muestras pasa de 4% i es un serio inconveniente para la refinación del petróleo, pues les comunica un olor desagradable a los productos.

Ya hemos hecho referencia a la existencia de gases i aguas sulfurosas en relacion con los yacimientos de petróleo, i solo agregaremos que en varios paises i especialmente en el estado de Louisiana, Estados Unidos, los mantos petrolíferos alternan con gruesos mantos de azufre puro o calizas que contienen hasta 70% de este cuerpo. El azufre i el petróleo se explotan allí simultáneamente en los mismos lugares i es curioso observar que ámbos se estraen por medio de pozos. Para estraer el azufre se vierte agua caliente dentro de los pozos, el agua caliente funde el azufre i éste se bombea al estado líquido hasta la superficie.

Otra de las manifestaciones de la existencia del petróleo, i que es sin duda la mas concluyente, es la presencia de asfalto natural en la superficie del suelo. En efecto, el asfalto es un producto de la descomposicion del petróleo, o mas propiamente hablando, es el residuo que deja el petróleo despues de una esposicion prolongada al aire i haber perdido por evaporacion sus elementos volátiles.

El asfalto natural se presenta en forma de lagos o sencillamente en forma de exudaciones de poca importancia; en todo caso está en relacion directa con los afloramientos de los mantos petrolíferos, donde el petróleo ha podido salir a la superficie para dar oríjen, por un proceso de evaporacion lenta, a la formacion del asfalto.

Los lagos de asfalto tienen de por sí valor industrial; basta citar el caso del famoso lago de asfalto de Trinidad del cual se estraee la mayor parte del consumo mundial de este producto.

Creemos de interes decir algunas palabras sobre este lago de Trinidad: Tiene forma mas o ménos circular i cubre una superficie de 50 hectáreas; no ha sido posible determinar hasta ahora su profundidad, pues el asfalto, a pesar de estar solidificado i duro, está constantemente en movimiento i todos los agujeros que se han perforado para determinar su profundidad, han sido cegados ántes de llegar al fondo. Una tentativa, de tantas, para determinar la profundidad, se hizo enterrando una cañería de 0.05 mt. de diámetro i fracasó como las demas; despues de penetrar unos 40 metros, la cañería se dobló i se la abandonó; de vez en cuando se la ve aparecer todavía en diferentes puntos del lago donde es arrastrada por el movimiento del asfalto.

La explotacion se hace con picotas, el asfalto se quiebra en trozos i se carga a mano en carretas. Jeneralmente es necesario purificarlo ántes de venderlo, pues contiene gran cantidad de impurezas i de agua; por lo comun el asfalto Trinidad en bruto se compone de una tercera parte de betúmen i dos terceras partes de impurezas, agua i tierra. La produccion anual del lago asciende a 150,000 toneladas de asfalto comercial purificado que se reparten por el mundo entero.

En Rusia, Venezuela, California i en muchos otros paises se encuentran lagos de asfalto mas o ménos grandes i que se explotan comercialmente; miéntras que exudaciones de menor importancia se presentan en casi todos los campos petrolíferos conocidos.

En California son especialmente frecuentes estas exudaciones i he tenido oportunidad de observarlas a menudo. En la ciudad de Los Anjeles me tocó presenciar dos casos curiosos relacionados con este fenómeno: Un dia pa-

sando por el Wilshire Boulevard, que es la principal avenida del barrio residencial de la ciudad, vi una grieta que se habia formado en el pavimento de cemento de la vereda i de ella se escurria cierta cantidad de asfalto, formando un charco de varios metros cuadrados de superficie. En la casa de un rico propietario de pozos de petróleo, ubicada en el mismo barrio, se produjo una grieta en el suelo i de ella empezó a emanar asfalto, en tal cantidad, que cubrió gran parte del sitio de la propiedad, orijinando considerable perjuicio. Es de advertir que el barrio en cuestion está mui próximo a la zona petrolífera que atraviesa la ciudad de Los Angeles de Este a Oeste i en la cual hai varios centenares de pozos.

En algunos lugares de la costa del sur de California i en la vecindad de terrenos petrolíferos, muchas veces, despues de tomar un baño de mar pude notar en el cuerpo manchas negras mui pegajosas i difíciles de eliminar; luego vine a caer en cuenta que podrian ser de asfalto, i mi suposicion resultó comprobada por el hecho que me fué mui fácil librarme de ellas con el uso de un poco de gasolina (el asfalto se disuelve rápidamente en la gasolina). Es evidente que existen exudaciones de asfalto submarinas o en la costa; en la vecindad de esos lugares, el asfalto proveniente de ellas queda suspendido en forma de pequeñas gotas en el agua del mar i se adhiere al cuerpo de los bañistas.

Como se dijo anteriormente, la presencia de exudaciones de asfalto está siempre en íntima relacion con los afloramientos de los mantos petrolíferos. Pero cuando el petróleo que impregna los mantos es liviano, no deja al evaporarse residuo de asfalto i es entónces mas difícil descubrir el afloramiento i la presencia del petróleo puede pasar completamente desapercibida. Sin embargo, la observacion cuidadosa de una muestra revelará, por lo ménos, una coloracion oscura o pardusca de la arena o de la roca, lo que es a menudo indicacion de la existencia de petróleo.

II.—ESPLOTACION

Despues de haber determinado la posibilidad de la existencia del petróleo en un lugar por el estudio de la jeología del terreno i la observacion de los fenómenos que tienen relacion con la existencia del mismo, corresponde elejir el sitio mas conveniente para ubicar el primer pozo i proceder a su perforacion.

El estudio detenido de la jeología del terreno dará mucha luz sobre la ubicacion de los mantos, sobre sus espesores i composicion i si existen anticlinales i sinclinales será relativamente fácil ubicarlas. Se procederá, en este caso, a perforar el primer pozo en la anticlinal que parezca mas apropiada i segun lo aconsejen las condiciones particulares del terreno.

En el caso de la Figura 2, por ejemplo, tenemos dos anticlinales, a saber: la anticlinal (AK) que tiene su vértice fracturado en el punto (K), donde aflora el manto petrolífero a la superficie, i la anticlinal (BD) cuyo vértice no está fracturado i donde, por consiguiente, el manto petrolífero no se manifiesta en la superficie del terreno. Las primeras indicaciones de la existencia del petróleo se observan, como es natural, donde aflora el manto petrolífero, es decir, a lo largo de la fractura (K). En el caso de la Figura 2, el primer pozo se ubicará en el punto L, de manera a cortar el manto a cierta distancia hácia abajo de su

afloramiento. Es preciso alejarse del afloramiento del manto, porque gran parte del petróleo que allí existía se habrá evaporado i transformado en asfalto por evaporacion. Otro lugar conveniente para ubicar un pozo será el punto F, para cortar la anticlinal (BD).

Por regla jeneral, a medida que se descende por la falda de una anticlinal, los pozos son cada vez mas profundos, pues el manto petrolífero se encuentra cubierto por una capa mas gruesa de terreno sedimentario detrítico en los puntos mas bajos.

Se concibe que no es posible adelantar reglas para la ubicacion de los pozos, pues no hai dos terrenos semejantes i en cada caso será necesario hacer un estudio prolijo de las condiciones locales para fijar su mejor ubicacion; como se dijo, el estudio detenido de la jeolojía del terreno será el que dé la luz necesaria para hacer una eleccion acertada del sitio de perforacion.

En todo caso, el fracaso de uno o dos i aun de varios pozos en un nuevo campo petrolífero no es motivo suficiente para abandonarlo, pues son frecuentes las irregularidades, aun en los mejores mantos petrolíferos, que conducen al fracaso total de uno o varios pozos miéntras que otros perforados a poca distancia resultan grandes productores.

La perforacion misma de los pozos es, por sí sola, un arte bastante complejo i es solo despues de largos años de práctica i de observacion intelijente que un operario llega a ser un esperto perforador. Todos los perforadores, sin escepcion, que durante mi permanencia en las campos petrolíferos he encontrado a cargo de perforaciones de alguna importancia, han sido operarios que han estado en el oficio por muchos años. I se comprende que no puede ser de otra manera cuando uno se penetra de todas las dificultades que se presentan invariablemente en la perforacion de pozos que alcanzan a menudo a mas de 1,000 metros de profundidad. Tendremos mas tarde ocasion de volver sobre este punto.

Son dos los sistemas de perforacion universalmente empleados en la perforacion de pozos de petróleo, ellos son: el sistema por percusion i el sistema rotativo. Otros sistemas basados mas o ménos en los mismos principios de los dos citados, han sido i siguen ensayándose sin haber, hasta ahora, llegado a tener aplicacion verdaderamente industrial.

El sistema por percusion o «Standard», como se le llama comunmente, consiste esencialmente en una broca o cincel de gran peso suspendido al estremo de un cable que recibe, de un motor a vapor, un movimiento vertical alternativo; este movimiento comunicado al cable hace que el cincel caiga a intervalos regulares sobre el suelo produciendo en él un agujero vertical. De tiempo en tiempo se estrae del fondo del agujero, con ayuda de una herramienta especial, el material triturado por el cincel.

Cuando se tiene en vista la perforacion de un pozo de muchos cientos de metros de profundidad i de diámetro considerable, como es el caso con los pozos de petróleo, es necesario disponer de una instalacion bastante costosa i complicada para efectuar la sencilla operacion descrita.

Dicha instalacion comprende:

1) Una torre de madera de 25 metros de altura i de base cuadrada de 6 metros por lado. Esta torre lleva en la cúspide una serie de poleas por donde

pasan los diferentes cables, que se emplean en la perforacion, para suspender las brocas i otras herramientas.

2) Un caldero de 45 HP. de capacidad i un motor a vapor de 25 HP. de potencia, cuyo principal papel es transmitir el movimiento de percusion a la broca, pero que se usa tambien para efectuar una serie de operaciones como ser: para estraer el material triturado del fondo del pozo, para mover i atornillar las cañerías de revestimiento del pozo, etc., etc. En una palabra, todas las operaciones relacionadas con la perforacion se hacen con ayuda del citado motor a vapor, valiéndose de una serie de trasmisiones injeniosamente arregladas.

Tanto el motor como las trasmisiones se encuentran bajo el techo de una construccion lijera adyacente a la torre. En la construccion de la torre i de las trasmisiones se emplea la madera casi esclusivamente, con escepcion de los eje si algunas otras piezas que son de fierro; la cantidad de madera necesaria es considerable i se emplea buen número de piezas de gran seccion, como ser vigas de 16" por 16", de 12" por 14" etc. Se prefiere jeneralmente el roble americano en estas construccionnes.

3) Cables de manila i de acero que sirven para suspender la broca i otras herramientas con que se perfora el pozo. El cable de manila se emplea para profundidades reducidas, hasta de 300 metros, miéntras que los cables de acero se usan esclusivamente para profundidades mayores. La dotacion de cables de que debe disponerse para la perforacion de un pozo profundo es la siguiente:

300 metros de cable de manila de $2\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro.

1,000 metros de cable de acero de $7/8$ de pulgada de diámetro.

1,000 metros de cable de acero de $5/8$ de pulgadas de diámetro.

300 metros de cable de acero de 1" de diámetro.

4) Cinco juegos completos de brocas i herramientas accesorias de los siguientes diámetros: $12\frac{1}{2}$ ", 10", $8\frac{1}{2}$ ", 6", $4\frac{1}{4}$ ".

5) Varios juegos de herramientas pescadoras de diversos diámetros. Estas herramientas pescadoras tienen por objeto pescar i estraer cualquier objeto o herramienta que haya caido al fondo del pozo, cosa que sucede con frecuencia.

6) Surtido de cañerías de acero de revestimiento de los mismos diámetros enumerados bajo el acápite 4).

7) Herramientas de gasfiter, herrero i carpintero para hacer reparaciones.

La enumeracion que precede es necesariamente mui somera, seria inoficioso entrar en detalles pues son innumerables; baste decir que las especificaciones completas que tengo a la mano forman un legajo de varias pájinas, fuera de los planos.

Despues de construida la torre de madera i hechas todas las instalaciones a que se ha hecho referencia mas arriba, se hacen cargo de ellas un perforador i su ayudante i ellos se encargan de la perforacion completa del pozo. Talvez no está demas decir aquí dos palabras sobre la forma en que están organizadas, en este pais, las faenas de perforacion de pozos: el personal administrativo i técnico depende, naturalmente, de la magnitud de la empresa; pero, invariablemente se coloca un mayordomo, que ha sido el mismo un esperto perforador, a cargo de cierto número de pozos ubicados dentro de una área limi-

tada. La perforacion de cada pozo está entregada a dos perforadores, cada uno de los cuales dispone de un ayudante; un perforador i su ayudante respectivo constituyen una cuadrilla; cada cuadrilla trabaja 12 horas consecutivas i se relevan alternativamente; el trabajo es continuo durante las 24 horas del dia. Toda la responsabilidad del trabajo recae de esta manera sobre los dos jefes de cuadrilla, es decir sobre los dos perforadores, que son invariablemente operarios experimentados e inteligentes, pues deben subsanar por sí mismos, con la ayuda accidental del mayordomo, todas las dificultades que se presenten durante el curso de la perforacion. Los salarios corrientes son aquí:

Perforadores \$ 6,00 oro americano al dia,

Ayudantes \$ 3,50 oro americano al dia,

lo que equivale, respectivamente, a \$ 30, i \$ 17,50 de nuestra moneda por dia de trabajo.

La ocupacion de ayudante consiste en hacer las veces de maquinista i fogonero a cargo del motor i del caldero, afilar las herramientas i secundar al perforador en todas las demas operaciones del caso.

La atencion constante del perforador está dirigida a vijilar la marcha de la broca, a determinar la clase de terreno que se atraviesa, a cuidar de que el pozo permanezca perfectamente vertical, a que las paredes del mismo estén en buenas condiciones i no se produzcan desmoronamientos i ocasionalmente estará ocupado en subsanar o reparar accidentes, como ser: la pesca de alguna herramienta que ha caido al fondo del pozo o la extraccion de algun trozo de cañería de revestimiento que ha sido deformada en el interior del pozo i que impide el paso de las herramientas de perforacion, etc., etc. En fin, son tantas i tan variadas las situaciones que se presentan durante la perforacion de un pozo profundo que sería mui larga su enumeracion e interminable su descripcion. Hemos mencionado de pasada las cañerías de revestimiento que se emplean en los pozos. Ellas son indispensables cuando el pozo penetra capas de terreno poco consistente, como ser mantos de arena, de cascajo etc.; se puede prescindir de ellas cuando todo el terreno atravesado es consistente, como en el caso de calizas, esquitas i otras rocas compactas. Sin embargo, es solo por escepcion que se puede prescindir en absoluto de las cañerías de revestimiento, miéntras que en otros casos el terreno es tan desmoronadizo que es apenas posible avanzar unos pocos metros sin revestimiento.

Es corriente en este pais empezar los pozos con un diámetro de 12½" i aun de 15 pulgadas i se lleva la cañería de revestimiento del mismo diámetro hasta la profundidad que sea posible; en seguida, se introducen sucesivamente cañerías de menor diámetro, que pasan libremente unas dentro de las otras, hasta alcanzar la profundidad deseada, es decir, hasta penetrar el manto petrolífero.

Los motivos que inducen a adoptar sucesivamente cañerías de menor diámetro, a medida que aumenta la profundidad, son dos i de índole diversa. El primer motivo es, sencillamente, que no es posible forzar a mayor profundidad una cierta cañería porque se ha adherido fuertemente a las paredes del pozo i es preciso, si se desea revestir el pozo a mayor profundidad, introducir una nueva cañería de menor diámetro que pase por el interior de la primera i llegue hasta el fondo del pozo. El otro motivo obedece a la necesidad de escluir

el agua contenida en una o mas capas acuíferas de terreno atravesado, para impedir que esa agua caiga al fondo del pozo i vaya a contaminar el manto petrolífero que se encuentra a mayor profundidad. Esta operacion se designa con el nombre de cementacion del pozo i nos ocuparemos de ella mas adelante.

El otro sistema de perforacion a que hemos aludido es el llamado sistema rotativo. El dispositivo empleado en este sistema consiste, en último análisis, en un vástago hueco de fierro que lleva atornillado en su parte inferior una herramienta cortante de forma especial; el vástago recibe, por intermedio de un motor a vapor, un movimiento de rotacion, el que transmitido al instrumento cortante hace que éste penetre en el suelo produciendo un agujero vertical. Se facilita la accion del instrumento cortante inyectando barro fluido por el vástago hueco, barro que se escurre por agujeros situados en la estremidad inferior del vástago i vuelve a la superficie del suelo arrastrando el material que la herramienta cortante tritura en el fondo del pozo.

Las instalaciones necesarias para operar el sistema rotativo son algo mas complejas i costosas que las del sistema Standard; ellas comprenden:

1) Una torre de madera de 32 metros de altura, de base cuadrada de 7 metros por lado, que lleva en su cúspide una serie de poleas por las cuales pasan los cables de los cuales están suspendido el vástago i la herramienta cortante; de los mismos cables se suspenden, igualmente otras herramientas, que en el curso de la perforacion es necesario introducir dentro del pozo.

2) Dos calderos a vapor de 45 HP. de capacidad cada uno.

3) Dos bombas a vapor para bombear el barro líquido a que se ha hecho referencia.

4) Un motor a vapor de 25 HP. de potencia que comunica el movimiento de rotacion al vástago de la herramienta cortante por intermedio de una mesa rotativa de construccion especial.

5) Cables de acero de diversos diámetros.

6) Varios juegos de herramientas cortantes de diámetros diversos.

7) Varios juegos de herramientas pescadoras.

8) Herramientas de gasfiter, carpintero i herrero para reparaciones.

Las especificaciones completas para las instalaciones del sistema rotativo forman un voluminoso legajo, que creemos innecesario reproducir en toda su estension aquí.

La perforacion de un pozo por el sistema rotativo requiere dos cuadrillas de cuatro operarios cada una, compuestas de un perforador i tres ayudantes. La organizacion de la faena es semejante a la descrita mas arriba, con referencia al sistema por percusion. Casi está demas repetir que los perforadores son operarios que han tenido una larga esperiencia en el oficio. Mas aun, el oficio de perforador es motivo de especializacion, a semejanza de las profesiones liberales, i se distingue aquí entre perforadores rotativos i perforadores Standard.

Sin entrar en los detalles de las operaciones de la perforacion por el sistema rotativo, anotaremos solamente las dos características esenciales de este sistema, que son:

Primero, su rapidez, que permite perforar un pozo en mucho ménos tiempo que el que exige el otro sistema, i

Segundo, la posibilidad de escluir el empleo de las cañerías de revestimiento aun en el caso de atravesar capas inconsistentes i de arena. Esto es posible gracias al empleo del barro líquido que se inyecta constantemente dentro de pozo; en efecto, este barro al ascender en movimiento continuo, desde el fondo del pozo a la superficie, cementa los granos de arena o las partículas de terreno inconsistente entre sí, evitando su desmoronamiento. Esta cementacion, producida por el barro, tiene la consistencia suficiente para mantener las paredes del pozo en buenas condiciones i hacer innecesario el empleo de cañerías de revestimiento.

La eleccion de uno u otro sistema de perforacion depende enteramente de la composicion i calidad del terreno que se va a perforar, salvo naturalmente el caso en que las condiciones locales hagan imposible la adopcion de uno de los sistemas; como seria, por ejemplo, una gran escasez de agua, lo que haria imposible la adopcion del sistema rotativo. Hecha esta salvedad, la eleccion recaerá sobre aquel sistema que se adapte mejor a la calidad i a la composicion del terreno en cuestion. Así, tenemos que el sistema por percusion o Standard está indicado cuando el terreno está formado principalmente de rocas duras i consistentes, como ser: calizas, areniscas i conglomerados; cuando el terreno sea irregular o quebrado; cuando se presenten grandes trozos de rocas sueltas formando parte de un terreno de acarreo blando.

Se empleará de preferencia el sistema rotativo en todos los terrenos inconsistentes o blandos, como ser: mantos de arena, arcilla, esquitas, etc. En estos terrenos el sistema rotativo es incomparablemente mas eficiente que el Standard, i especialmente en el caso de arenas movedizas el primero procede rápidamente i con gran facilidad, miéntras que con el sistema por percusion es poco ménos que imposible atravesar esa clase de formaciones.

Es práctica corriente en California emplear los dos sistemas en combinacion para la perforacion de un mismo pozo; esto requiere naturalmente la instalacion de todas las máquinas i accesorios propios a cada uno de los sistemas, con escepcion de la torre i de los calderos que sirven para los dos sistemas en comun. Con la adopcion de este sistema misto o combinado se logra perforar los pozos en un mínimo de tiempo, pues se usan alternativamente el sistema «Standard» o el «rotativo» segun sea la composicion de las capas de terreno que se atraviesa.

El tiempo necesario para la perforacion de un pozo de cierta profundidad depende de muchos factores que es imposible determinar de antemano. Entre estos factores figuran en primer lugar: la naturaleza i la composicion de las capas de terreno por atravesar; el sistema de perforacion que se adopte; los accidentes que pueden ocurrir durante la perforacion, como ser: caida de herramientas al fondo del pozo, deformacion de las cañerías de revestimiento, etc.

Debido a todos estos factores los datos que se tienen en cuanto a tiempo de perforacion varian entre límites sumamente estensos. Así, por ejemplo, trabajando en buenas condiciones i valiéndose del sistema mas adecuado se hacen avances que varian de 15 a 50 metros por dia; miéntras que en condiciones desfavorables, en terreno quebrado i desmoronadizo, 2 a 3 metros de avance por dia es considerado satisfactorio.

En un terreno nuevo i cuya formacion es desconocida es siempre preferi-

ble hacer las primeras perforaciones con el sistema por percusion; las razones que aconsejan este proceder, son las siguientes:

1) El sistema por percusion es mas adaptable que el rotativo a todas las calidades de terreno que se presentan jeneralmente en las formaciones petrolíferas.

2) Empleando el sistema por percusion es relativamente fácil determinar con exactitud las diversas capas de terreno que se atraviesan, pues cada vez que se estrae el material triturado del fondo del pozo se puede obtener una buena muestra de la capa respectiva; no sucede así con el otro sistema, pues el material finamente triturado sale constantemente a la superficie mezclado con el barro líquido que se inyecta en el pozo i es poco ménos que imposible obtener una muestra que dé una idea de la composicion de la capa que se está atravesando. El conocimiento de las diversas capas que forman un terreno petrolífero es de suma importancia, pues facilita enormemente las perforaciones que se hacen en lo sucesivo.

3) No conociendo la ubicacion de las diversas capas i especialmente no sabiendo a que profundidad se encuentran los mantos petrolíferos, es mui fácil, cuando se emplea el sistema rotativo, atravesar dichos mantos sin apercibirse en absoluto de la existencia del petróleo. Esto ha sucedido repetidas veces i los perforadores toman ahora sus precauciones para no incurrir en este error. De entre muchos casos, citaremos uno que es característico: En Spinle Top, Estado de Texas, un pozo perforado con el sistema rotativo habia penetrado el manto petrolífero, cuya profundidad era conocida i a gran sorpresa del perforador el pozo no daba señales de petróleo a pesar de encontrarse rodeado de varios pozos surjentes ubicados dentro de un radio de 100 metros. Se suspendió entónces la perforacion i se procedió a limpiar completamente el fondo del pozo, operacion que duró seis dias, despues de lo cual el petróleo empezó a surjir del pozo a boca llena, produciendo gran cantidad. La esplicacion de este fenómeno es mui sencilla: el barro inyectado durante la perforacion habia cementado tan perfectamente el manto de arena petrolífera que el petróleo no podia tener acceso al pozo.

En virtud de las consideraciones anteriores es siempre preferible iniciar las perforaciones en un campo nuevo por el sistema por percusion. Una vez conocidas las capas que constituyen el terreno i la profundidad a que se encuentran los mantos petrolíferos, convendrá emplear con ventaja el sistema rotativo si el terreno se presta para ello.

Una de las operaciones mas importantes relacionadas con la perforacion de pozos, por cualquiera de los sistemas descritos, consiste en evitar que el agua, contenida en ciertas capas acuíferas superiores, caiga dentro del pozo i vaya a contaminar el manto o los mantos petrolíferos situados en profundidad.

No hacer esta operacion de eliminar las infiltraciones de agua o hacer imperfectamente ha significado en muchos casos la ruina completa de campos petrolíferos que estaban destinados a un gran porvenir. Por ejemplo, se debe esclusivamente a esta causa el abandono del campo de Batson Prairie, en el Estado de Texas (E.E. U.U.), cuyos pozos alcanzaron una produccion anual de 1,450,000 toneladas de petróleo ántes que sus mantos petrolíferos fueran invadidos par las infiltraciones de agua. La misma causa orijinó la ruina del

campo de Barekei, Rusia, cuyos primeros pozos eran surjentes i muchos de ellos producian mas de 80 toneladas diarias de petróleo. La misma esperiencia desgraciada se ha repetido en otros campos petrolíferos de Baku, Louisiana, Texas, California, etc.

Para escluir las filtraciones a veces basta forzar el extremo inferior de la cañería de revestimiento en una capa impermeable de arcilla, situada mas abajo de las capas acuíferas, i seguir el pozo en profundidad, con menor diámetro. Pero a menudo no existe tal capa de arcilla, siendo todo el terreno atravesado mas o ménos permeable; se recurre, entónces, a la «cementacion del pozo». Esta operacion consiste en introducir, por medio de una cañería, cierta cantidad de cemento líquido en el fondo del pozo. El cemento se bombea al interior del pozo de tal modo que ascienda hasta la superficie del terreno por el espacio que queda entre la cañería de revestimiento i las paredes del pozo. Al solidificarse el cemento, en dicho espacio, i en el fondo del pozo, corta las infiltraciones de agua. Se continúa entónces la perforacion con una herramienta de menor diámetro atravesando el block de cemento que se habia formado en el fondo del pozo.

A menudo es necesario cementar dos i aun tres veces el mismo pozo, porque suele suceder que despues de la primera cementacion se atraviesan todavía una o mas capas de terreno acuífero ántes de llegar al manto petrolífero productivo i es indispensable cortar las filtraciones de estas nuevas capas ántes de penetrar el manto petrolífero. Cada cementacion, como se ha explicado, requiere la disminucion del diámetro del pozo i, por consiguiente, implica el empleo de una nueva cañería de revestimiento, que va desde la boca hasta el fondo del pozo.

Terminada la perforacion de un pozo i escluidas las infiltraciones de agua se procede a la extraccion del petróleo. Es frecuente que en los terrenos nuevos el petróleo surja por si solo hasta la superficie del suelo; en tal caso no hai mas que desviar el chorro líquido hasta los estanques receptores. A veces sucede tambien que el petróleo es arrojado con violencia a muchos metros de altura, acarreando pérdidas inevitables, pues, en tales casos, es difícil controlar el chorro de petróleo i gran parte de él se esparce sobre una considerable estension de terreno. Es muchísimo mas frecuente, sin embargo, que el petróleo no surja i en tales casos es necesario extraerlo del fondo de los pozos; con el tiempo los pozos surjentes dejan de serlo i se encuentran en el mismo caso. Hai varios sistemas para la extraccion del petróleo, sistemas que requieren el empleo de mecanismos mas o ménos ingeniosos; pero en la gran mayoría de los casos se emplean bombas de construccion especial o bien se usa sencillamente el mismo instrumento que servia durante la perforacion para extraer del fondo del pozo el material triturado por la broca. Este instrumento se llama ariete i se compone de un tubo de fierro de unos seis metros de largo que lleva en su estremidad inferior una válvula que abre hácia adentro; el ariete se suspende de un cable i se hace bajar rápidamente dentro del pozo; al llegar al fondo el choque producido sobre la válvula i el líquido o material triturado (siempre en forma de barro) que se encuentra en el fondo del pozo, penetra al interior del tubo de fierro; al levantar el ariete se cierra la válvula i el líquido encerrado en el tubo

se saca a la superficie, donde se descarga, para volver a repetir la misma operacion.

Las bombas de construccion especial, a que se ha hecho referencia, se componen de un cilindro de dos a tres pulgadas de diámetro, provisto de una válvula de pié i dentro del cual actúa un émbolo hueco de la misma longitud, provisto igualmente de una válvula. La bomba se atornilla al extremo de una cañería de dos o tres pulgadas de diámetro i se baja hasta el fondo del pozo. Al émbolo de la bomba se le comunica un movimiento vertical alternativo por intermedio de una barra de fierro, de $\frac{7}{8}$ " de diámetro, que va desde el fondo hasta la boca del pozo i que recibe su movimiento del motor a vapor que forma parte del equipo de perforacion. El petróleo impelido por la bomba, situada en el fondo del pozo, sale a la superficie por la cañería de dos o tres pulgadas citada i se recibe jeneralmente en una poza escavada en el suelo, donde se le deja en reposo por algun tiempo para que se asiente la arena que trae en suspension; se le bombea en seguida a los estanques receptores. Estos son grandes estanques cilíndricos de acero, en los cuales se somete a menudo al petróleo a un nuevo procedimiento de clarificacion que consiste en calentarlo por medio de un serpentín de vapor i dejarlo en reposo por algunas horas; por efecto de la temperatura el petróleo se vuelve mas fluido i permite que se asienten el agua i la arena fina que vienen mezclados con él. El agua i los sedimentos se extraen de los estanques por válvulas colocadas en el fondo de los mismos i el petróleo queda listo para ser trasportado a los centros de consumo.

Es mui frecuente que los pozos produzcan, conjuntamente con el petróleo, una considerable cantidad de gas natural, i es relativamente fácil arreglar la boca del pozo de manera a separar el uno del otro i conducirlos por cañerías separadas a sus respectivos destinos.

El gas natural es un producto mui valioso i de mucha aplicacion en los campos petrolíferos mismos i fuera de ellos. Sus usos mas frecuentes son los siguientes:

En los campos petrolíferos se le emplea estensamente como combustible para jenerar la fuerza motriz a vapor necesaria a la perforacion de pozos i estraccion del petróleo. Tambien se le emplea allí mismo, pero en menor cantidad, en los motores a gas.

Cuando los campos petrolíferos no están demasiado alejados de algun centro poblado, el gas natural se comprime i manda por cañerías para ser empleado como gas de alumbrado i para otros usos en las poblaciones. Es de advertir que el gas natural tiene jeneralmente mayor poder calorífico i es de mejor calidad que el gas de las fábricas de gas. Son innumerables las ciudades en Pennsylvania i otros países, que emplean esclusivamente gas natural para alumbrado i otros usos. La ciudad de Los Angeles en California, con unos 300,000 habitantes, emplea casi exclusivamente gas natural que viene de los campos petrolíferos de Midway, situados a mas de 200 kilómetros de la ciudad.

Una de las aplicaciones mas recientes del gas natural es su empleo en la fabricacion de gasolina para automóviles. El procedimiento consiste en comprimir i refrigerar el gas natural, con lo cual se logra condensar buena cantidad de gasolina. Hai varios establecimientos que se ocupan de esta industria en California i otros países.

III.—TRANSPORTE

Volviendo al petróleo, que lo habíamos dejado en los estanques de almacenaje, vamos a ver cuáles son los sistemas de transporte en uso.

Para el transporte local i a cortas distancias se emplean: [los barriles de fierro o de madera; carretones, tirados por caballos, que llevan un gran tonel cilíndrico horizontal de fierro o de madera, provisto de una abertura en la parte superior por la que se carga i de una o mas llaves en el fondo por las cuales se descarga el petróleo; la capacidad de estos carretones no pasa jeneralmente de dos o tres toneladas; los carretones están cediendo el paso a los automóviles estanques, construidos segun el mismo plan, pero cuya capacidad es comunmente de cinco toneladas de petróleo.

El transporte a grandes distancias se hace invariablemente por cañerías o en wagones estanques de ferrocarriles. En el mar se emplean los vapores o buques de vela estanques.

El transporte del petróleo por cañerías que es el sistema mas económico, cuando se trata de movilizar grandes cantidades de aquel producto, es un problema complejo i las instalaciones que requiere son costosas. En efecto, no basta solo la colocacion de la cañería, sino que es preciso instalar, de distancia en distancia, poderosas estaciones de bombas i aparatos para calentar el petróleo. Esta calefaccion del petróleo tiene por objeto disminuir su viscosidad i hacerlo mas fluido con el fin de disminuir la friccion en la cañería i facilitar el bombeo. Ademas, el cálculo de una cañería para petróleo, a diferencia del cálculo de una cañería de agua, es un problema mas o ménos indeterminado i difícil de resolver; pues la viscosidad es mui variable en los diversos petróleos i es tambien variable para un mismo petróleo con los cambios de temperatura, i como de la viscosidad depende la resistencia a la friccion dentro de la cañería i el diámetro de una cañería debe estar en relacion con dicha resistencia a la friccion, de allí resulta la indeterminacion i la dificultad en el cálculo.

Con todas sus dificultades e inconvenientes el trasporte por cañerías es sin embargo el mas económico. Es corriente en Estados Unidos que las cañerías para el trasporte del petróleo pertenezcan i sean explotadas por compañías que se ocupan esclusivamente de este negocio. Dichas compañías, a semejanza de otras empresas de trasporte, tienen sus tarifas fijas i están sometidas a la vijilancia del estado. La mayor cantidad del petróleo que se produce en los Estados Unidos va de los campos de produccion a los puertos de embarque o a los centros de consumo por cañería, las que suelen tener muchos cientos de kilómetros de lonjitud.

Los wagones de ferrocarril para el trasporte del petróleo están formados de un estanque cilíndrico de fierro que descansa horizontalmente sobre un carro plano o bien el estanque descansa directamente sobre los boggies por intermedio de una plataforma metálica adecuada. Los wagones estanques tienen capacidades variables de 20 a 60 toneladas i llevan todos los accesorios necesarios para la carga i descarga del petróleo, incluso un serpentín de vapor interior para calentar el petróleo i facilitar su descarga.

Para la carga de los trenes de petróleo se dispone en las estaciones de una

plataforma especial con cañerías acodadas movibles, que vierten simultáneamente el petróleo en los diversos wagones estanques que forman el tren. Con este dispositivo la carga de un tren es operación de pocos minutos i las pérdidas de líquido son insignificantes.

El transporte por mar se hace en buques estanques, veleros o a vapor. El casco de estos buques, que son totalmente de acero por lo jeneral, está dividido en ocho, diez o mas compartimientos trasversales por medio de tabiques de planchas de fierro que van de babor a estribor. Cada compartimiento lleva, en su parte superior a nivel de la cubierta del buque, una abertura o respiradero que lo pone en directa comunicacion con la atmósfera i por el cual se escapan los vapores que se desprenden del petróleo. Además llevan los compartimientos un sistema de cañerías i válvulas que los ponen en comunicacion con dos o mas poderosas bombas a vapor, con ayuda de las cuales se efectúa la carga i descarga del petróleo. Para efectuar estas operaciones, el buque atraca a un muelle sobre el cual descansa una cañería que comunica con uno o mas estanques situados en tierra; el traspaso del petróleo de estos al buque o vice-versa se hace simplemente conectando, por medio de una gruesa manguera flexible, la estremidad de la cañería situada en el muelle con las bombas del buque. Puestas éstas en movimiento i ajustadas convenientemente las válvulas de las cañerías en cuestion, se manda el petróleo de los estanques situados en tierra a cualquiera de los compartimientos del buque o viceversa.

La capacidad de los buques estanques es mui variable: de los hai todos tamaños, entre algunos cientos de toneladas i mas de 10,000 toneladas.

Los buques estanques, que llevan, desde California el petróleo que se emplea como combustible en las salitreras, tienen de seis a ocho mil toneladas de rejistro, lo que equivale a una capacidad de cuarenta a sesenta mil barriles de petróleo. Su tripulacion es de unos treinta hombres en total.

El tráfico de petróleo entre California i los puertos salitreros chilenos es, como se sabe, mui activo: Chile importa anualmente mas de 200,000 toneladas de petróleo por un valor de mas de 15,000.000 oro de 18 peniques.

IV.—ALMACENAJE

El almacenaje, del petróleo ya sea en los campos petrolíferos, en los puertos de embarque, en los depósitos ubicados en la vecindad de los centros de consumo o en las refinerías, se hace casi invariablemente en estanques de acero de seccion circular i de gran capacidad. Por escepcion se recurre al empleo de estanques de otros materiales como ser: de madera, concreto o tierra. Los estanques de tierra consisten sencillamente en escavaciones hechas en el suelo i su empleo es frecuente en los campos petrolíferos para almacenar momentáneamente el petróleo miéntras se clarifica de las impurezas que contiene al salir de los pozos.

Los estanques de acero se construyen de capacidades mui variables pero la tendencia actual es hacerlos cada vez mas grandes i esto por razones de economía; pues, miéntras mayor es un estanque, tanto menor es su costo por barril de capacidad. En California están mui en favor los estanques de acero de 55,000

barriles (1) de capacidad, son los mas grandes que se han construido hasta la fecha i al mismo tiempo son los mas económicos por unidad de capacidad, es decir, por barril.

A continuacion se dan la capacidad i las dimensiones de los estanques de acero que se emplean mas frecuentemente para almacenar petróleo:

Capacidad en barriles,	Diámetro en metros.	Altura en metros.
1,000.....	9.0.....	2.40
2,000.....	9.0.....	4.80
3,000.....	9.0.....	7.20
4,000.....	10.5.....	7.20
5,000.....	13.0.....	6.00
10,000.....	16.2.....	7.50
15,000.....	19.8.....	7.50
20,000.....	23.4.....	7.50
55,000.....	34.2.....	9.00

Estos estanques se colocan directamente sobre el suelo, no requieren fundacion o cimientos especiales; basta emparejar el suelo i colocar una delgada capa de arena i sobre ésta descansa directamente el fondo del estanque. Dicho fondo está formado de planchas de fierro remachadas entre sí cuyo espesor no pasa de medio centímetro en los estanques de mayores dimensiones. El cuerpo del estanque está formado igualmente de planchas de fierro remachadas entre sí; estas planchas están colocadas en fajas o anillos superpuestos; su espesor disminuye gradualmente del anillo inferior al superior; las planchas del anillo inferior de un gran estanque de 55,000 barriles de capacidad, por ejemplo, tienen uno i medio centímetro de espesor i están unidas entre sí por tres quileras de remaches, mientras que las planchas del anillo superior tienen apenas medio centímetro de espesor i están remachadas entre sí con solo una hilera de remaches. La razon de esto es obvia i no necesita aclaracion.

Los estanques están jeneralmente cubiertos con un techo de madera sobre el cual se coloca un papel impermeable, como el ruberoid, con el fin de proteger el petróleo contra el sol i la lluvia. El techo descansa sobre un envigado de madera, el que reposa a su vez sobre postes colocados dentro del estanque.

Cada estanque lleva en un costado, cerca del fondo, dos válvulas: una, la de menor diámetro, sirve para dejar escurrir, de tiempo en tiempo, el agua i los sedimentos que se acumulan en el fondo del estanque i que venian mezclados con el petróleo; por la otra válvula se estraee el petróleo del estanque o se le admite dentro de él, segun sea el caso. Al efecto, esta válvula forma parte de una cañería por la cual circula el petróleo ya por gravedad o con ayuda de una bomba.

V.—REFINACION

La refinacion del petróleo es, en la actualidad, objeto de una gran industria comparable en su importancia con la industria del acero o del cobre. Basta,

(1) El barril es la unidad usada universalmente para medir el petróleo: equivale a 42 galones o sean 160 litros.

en efecto, citar el nombre de la Standard Oil Company (1), o sea el trust del petróleo, cuya actividad se concentra principalmente a la refinación del petróleo, para poner de manifiesto la importancia i magnitud de esta industria.

De la refinación del petróleo se derivan numerosos productos mui valiosos; enumeraremos los principales:

Gasolina
 Bencina
 Nafta
 Aguarras mineral
 Kerosene o sea parafina para lámparas
 Parafina para estufas
 Mas de 100 variedades de aceites i grasas lubricantes
 Aceite o petróleo combustible
 Brea mineral o alquitran
 Parafina sólida
 Asfalto
 Coke

Todos los productos enumerados no pueden extraerse de un mismo petróleo crudo (2), pues, por regla jeneral, éste contendrá solo algunos de esos productos.

Existe una enorme variedad de petróleos crudos que se diferencian unos de otros por su color, olor, densidad, fluidez i composición química. Esas propiedades determinan los usos i el valor comercial de cada petróleo crudo.

Dada la enorme variedad de ellos, es difícil clasificarlos convenientemente; sin embargo, se les divide comunmente en dos grandes grupos, a saber: petróleos a base de parafina, es decir, aquellos que contienen cierta cantidad de parafina sólida i que son los mas valiosos; i petróleos a base de asfalto, es decir, aquellos que dejan un residuo de asfalto al ser evaporados i que son los de ménos valor.

Un sistema de clasificación de los petróleos crudos, de uso mui frecuente en el comercio, está basado en la determinación de la densidad por medio del areómetro Beaumé i se habla de un petróleo de tantos grados del mismo modo que se dice alcoholes de tantos grados.

La densidad de un petróleo crudo da alguna idea de su calidad i composición, pues, cuanto menor es aquélla, tanto mas gasolina i productos livianos contiene i cuanto mayor la densidad tanto mayor es la proporción de asfalto i productos pesados.

El valor varia comunmente al reves de la densidad, es decir, a mayor densidad, o sea pocos grados Beaumé, corresponde menor precio.

(1) La Standard Oil Company, a cuya cabeza está el conocido archimillonario Mr. John D. Rockefeller, ha absorbido 116 compañías diferentes i su capitalización asciende a la suma de \$ 1.640,000,000 de nuestra moneda. El Trust de la Standard Oil Co., fué disuelto por orden judicial, hace pocos años, pero de hecho existe todavía i sigue prosperando, aunque en el nombre ha dejado de existir.

(2) En adelante se empleará el término petróleo crudo para designar el producto tal como sale de los pozos i que no ha sido sometido a ningun tratamiento.

En todo caso es el análisis químico del petróleo lo que determina exactamente su composición i su valor comercial.

Para el caso que nos ocupa, es decir la refinación, se procederá siempre a hacer varios prolijos análisis químicos del petróleo crudo de que se disponga para determinar cuáles son los productos que será posible extraer de él.

La refinación de los petróleos crudos comprende dos grupos principales de operaciones, que son: destilación i tratamiento químico.

La destilación consiste, como en el caso de la destilación de alcoholes, en calentar el petróleo en un fondo o vasija cerrada que comunica con un serpentín, refrigerado por una corriente de agua, en el cual se condensan los vapores que se jeneran en la vasija, por acción del calor. En el caso del petróleo, destilan al principio productos livianos i volátiles i a medida que se eleva la temperatura, los productos que se condensan en el serpentín son cada vez mas pesados i ménos volátiles. Así sucede que al principio de la operación el producto que se obtiene es la gasolina i sucesivamente se condensan en el órden de enumeración: la bencina, nafta, aguarras mineral, kerosene, parafina para estufas, aceites lubricantes, petróleo combustible i quedan como residuo, en el fondo o vasija, ya sea la brea mineral, el asfalto o el coke, segun sea el extremo a que se lleve la destilación. Si la temperatura al final de la operación no ha sido mui alta quedará con residuo la brea mineral; si la temperatura es mayor se obtendrá asfalto i si es mui alta quedará un residuo de coke.

La destilación se efectúa comunmente en vasijas cilíndricas de fierro de gran capacidad, hasta 1,200 barriles, calentados con petróleo. El serpentín está en proporción con el tamaño de la vasija i se compone, jeneralmente, de tubos de fierro de tres a cuatro pulgadas de diámetro arreglados convenientemente dentro de un estanque de fierro lleno de agua, la que se renueva constantemente. El petróleo se carga en el alambique con ayuda de una bomba; los diversos productos de la destilación se mandan por cañerías a otros tantos estanques, donde quedan almacenados hasta que llega el tiempo de tratarlos nuevamente; pues ninguno de los productos de la primera destilación está concluido i listo para la venta, todos ellos requieren otros tratamientos que consisten en redestilaciones i tratamiento químico.

Las redestilaciones tienen por objeto hacer una separación mas perfecta de los diversos productos, cosa que no se logra en la primera operación.

El tratamiento químico a que se someten los productos, despues de la redestilación, tiene por objeto mejorar el color i el olor de los mismos. Dicho tratamiento se efectúa en cilindros verticales de fierro, llamados agitadores, i consiste en agitar durante algun tiempo los tales productos con ácido sulfúrico concentrado i fumante i someterlos en seguida a repetidos lavados con soda cáustica i agua dulce.

Los productos livianos como la gasolina, bencina i nafta no requieren el tratamiento químico i despues de la redestilación, que se hace comunmente en alambiques calentados al vapor, están listos para la venta. El kerosene, parafina para estufas i aceites lubricantes se someten, despues de la redestilación invariablemente al tratamiento químico, con lo cual se mejora considerablemente su color, olor i otras propiedades que exigen las especificaciones impuestas por los compradores de estos artículos.

Las instalaciones de una refinería de petróleo si bien no son complicadas, son costosas; comprenden, fuera de los alambiques i agitadores citados, grandes estanques de acero para almacenar el petróleo crudo; numerosos estanques de acero mas pequeños donde se reciben los diversos productos orijinados en las destilaciones repetidas; bombas i cañerías para traspasar el petróleo crudo i los productos refinados de los estanques a los alambiques o de un estanque a otro; calderos i planta de fuerza motriz; bodegas donde se envasan i almacenan los productos refinados, etc.

Los productos líquidos de la refinacion: gasolina, bencina, nafta, parafinas, aceites lubricantes, se envasan en tarros de lata i cajones o bien en barriles de fierro. El asfalto se envasa en barriles de madera. Es frecuente que las refinerías fabriquen sus propios envases i esto requiere, naturalmente, instalaciones especiales.

La extraccion de la parafina sólida, cuando ella existe en el petróleo crudo, requiere tambien una instalacion especial con refrigeradores i filtros prensas.

VI.—ECONOMÍA DE LA INDUSTRIA PETROLÍFERA

La valorizacion de los terrenos petrolíferos no es cosa fácil, pues, como se hizo notar anteriormente, es mui difícil hacer una estimacion, aproximada siquiera, de la cantidad de petróleo que se puede extraer de un terreno determinado.

Por este motivo es mui frecuente la explotacion de terrenos petrolíferos bajo el sistema de regalía; este sistema consiste en que el industrial entrega al dueño del suelo parte del petróleo que extrae, en vez de comprar directamente el terreno i operar por su cuenta.

El sistema de regalía ha sido recomendado al gobierno de los Estados Unidos para entregar a la explotacion particular los terrenos petrolíferos de propiedad fiscal.

Mr. S. C. Graham, Presidente de la Oil Conservation Association de los Estados Unidos, ha formulado un interesante proyecto de lei que reglamenta la distribucion de los terrenos petrolíferos de propiedad del estado. Este proyecto ha sido sometido a la consideracion del poder lejislativo federal i será eventualmente adoptado. Acompañamos una copia de dicho proyecto.

El mismo Mr. Graham me manifestó verbalmente su decidida oposicion al réjimen actual de denuncia de terrenos petrolíferos fiscales, por los particulares. Segun él este réjimen beneficia principalmente a jentes completamente estrañas a la industria i que retardan su desarrollo; en efecto, es corriente que tales personas acaparen grandes estensiones de terreno con el único fin de venderlos a alto precio cuando se presenta algun interesado, sin preocuparse de explotarlos por sí mismos. Mr. Graham combate tambien la acapacion de terrenos petrolíferos por las grandes corporaciones, las que se ponen fácilmente de acuerdo i suben el precio del petróleo en provecho propio i en detrimento de los intereses del público; para prevenir esto propone en su proyecto limitar a 64 hectáreas (160 acres) la estension de terrenos que puede poseer una firma o persona determinada.

Hemos citado la opinion de Mr. Graham por ser considerada como una de las mas ilustradas i autorizadas en la materia en este pais.

Sucede con la industria extractiva del petróleo, al revés de lo que pasa en el beneficio de otros yacimientos minerales, que el período inicial de reconocimiento no existe, o mas bien dicho, no se puede hacer una distincion entre el período de reconocimiento i el de explotacion, como se hace en el caso de los yacimientos de carbon, fierro, cobre, etc.

En efecto, el único medio de reconocer i explotar un yacimiento petrolífero es por medio de la perforacion de pozos. Por consiguiente, la inversion de dinero es necesariamente subida desde el principio en los campos petrolíferos, pues, desde el primer momento, debe disponerse de todos los elementos necesarios para entrar directamente a la explotacion.

Estos elementos de explotacion comprenden, fuera de las instalaciones i maquinarias especiales, a que se ha hecho referencia mas arriba, otras instalaciones accesorias para la provision del agua, del combustible, construccion de viviendas, medios de transporte, etc., etc. El costo de todas estas instalaciones accesorias depende esclusivamente de las condiciones locales i de la distancia de los campos petrolíferos a los centros poblados i a las vias de comunicacion existentes.

Las instalaciones especiales necesarias a la perforacion de pozos, es decir, la torre de madera i transmisiones será jeneralmente posible hacerlas, con economía, en el lugar mismo donde se van a emplear siempre que se disponga de la madera necesaria, de planos completos i de alguien que entienda en tales construcciones. En cuanto a la maquinaria se adquirirá en una de las tantas fábricas especialistas en máquinas i herramientas para la perforacion de pozos de petróleo. Podemos citar el nombre de dos firmas sérias que se ocupan de fabricar i vender tales máquinas i herramientas; son: The California National Supply Co. de Los Angeles, California i The Oil Well Supply Co. de Pittsburgh, Pennsylvania.

Es de advertir que hai muchas otras firmas americanas, inglesas, alemanas i francesas que se ocupan del mismo ramo i que están igualmente bien acreditadas. *

Segun los presupuestos que tengo a la mano un buen equipo completo de máquinas, herramientas i accesorios necesarios a la perforacion de un pozo profundo (1,000 metros aproximadamente) por el sistema Standard, vale puesto a bordo en Nueva York unos \$ 30,000 de nuestra moneda; i un equipo combinado, es decir, sistema Standard i rotativo en conjunto, vale unos \$ 50,000 de la misma moneda, f.o.b. Nueva York. Los equipos citados comprenden todo lo necesario para la perforacion, escepcion hecha de la torre de madera, transmisiones i cañerías de revestimiento.

Un mismo equipo puede servir para la perforacion de varios pozos, a pesar de que es prudente dejar cada pozo concluido con su torre i equipo completo; pues sucede a menudo que despues de algun tiempo es necesario limpiar los pozos o profundizarlos para mantener la produccion; para efectuar esas operaciones se requieren los mismos elementos e instalaciones que para la primera perforacion.

Los elementos del equipo que se gastan i que es necesario renovar cons-

tantemente son los cables de manila i de acero i las brocas o herramientas cortantes; el resto del equipo puede durar varios años en trabajo continuo, si es cuidado debidamente.

El empleo de sondas portátiles del tipo Keystone, Star u otras marcas es absolutamente inadecuado para la perforacion de pozos petrolíferos.

Muchos particulares i algunas compañías de recursos escasos se sienten a menudo atraídos por el bajo precio de esas sondas (unos \$ 10,000 de nuestra moneda corriente) i por las recomendaciones de los vendedores de tales sondas; se embarcan en la perforacion de pozos petrolíferos i van jeneralmente al fracaso a causa de la ineficacia de los elementos de trabajos empleados.

Las sondas portátiles son inadecuadas para la perforacion de pozos de petróleo:

1) Porque difícilmente pueden ir a mas de 500 metros de profundidad.
2) Son demasiado débiles para resistir los esfuerzos a que están sometidas cuando se hace una perforacion algo profunda.

3) El diámetro de los pozos que se pueden perforar con ellas es reducido.

Agregaremos que las sondas portátiles mencionadas son mui buenas i dan magníficos resultados cuando se las emplea para el objeto a que han sido construidas, es decir, para perforaciones poco profundas i pozos de diámetro reducido; pero este no es el caso con la explotacion del petróleo.

Con el mismo cuidado que se elije el equipo e instalaciones adecuadas para la perforacion, debe elejirse el personal necesario. A cualquier obrero sobrio; intelijente i de buena voluntad no se le puede confiar la perforacion de un pozo, el perforador es un verdadero profesional i es capaz de desempeñarse satisfactoriamente solo despues de una larga esperiencia. Poco ménos se exige de los ayudantes que deben ser capaces de hacer las veces de fogonero, maquinista i herrero simultáneamente.

Es indispensable pagarle buenos sueldos al personal si se quiere tenerlo competente. En California se pagan normalmente los siguientes: Perforadores, 6 dólares (\$ 30.00 de nuestra moneda); ayudante 3.50 dólares (\$ 17.50 de nuestra moneda) por dia de 12 horas.

El costo de perforacion de un pozo es prácticamente imposible de determinar de antemano. Los factores que entran en su formacion son:

- 1) Costo del equipo e instalaciones.
- 2) Reparaciones i materiales diversos.
- 3) Combustible i agua para fuerza motriz.
- 4) Mano de obra.
- 5) Gastos jenerales i de administracion.

La indeterminacion está en que: 1) no se conoce con exactitud el carácter i la dureza del terreno que se va a atravesar, lo que tiene una enorme influencia sobre la rapidez con que se puede progresar; i 2) no se sabe que clase de accidentes pueden tener lugar durante la perforacion, ya sea caída de herramientas al fondo del pozo, deformacion de las cañerías de revestimiento, etc., etc. Estos accidentes se producen invariablemente i a veces se ocupan varias semanas en repararlos.

En California la perforacion de pozos de unos mil metros de profundidad demora de seis a quince meses i cuesta de 15,000 a 60,000 dólares. El término

medio del costo de perforacion es aquí, para los mismos pozos, de 20,000 dólares o sean \$ 100,000 de nuestra moneda.

En otros campos petrolíferos de los Estados Unidos, en que los mantos están a menor profundidad i el terreno permite hacer un avance rápido, tanto el tiempo como el costo de perforacion son mucho menores.

Concluida la perforacion de un pozo, extraer el petróleo es operacion relativamente sencilla i económica. Si el pozo resulta surjente, la extraccion no cuesta nada; sencillamente basta desviar el chorro de petróleo a un estanque clarificador i traspasarlo en seguida a los estanques de almacenaje. En el caso que sea necesario bombear el petróleo para extraerlo se requiere la instalacion de una bomba especial con sus cañerías que van hasta el fondo del pozo; una vez instalada dicha bomba i puesta en movimiento requiere mui poca atencion i el costo de extraccion puede decirse que queda reducido al consumo de fuerza motriz necesaria para accionar la bomba.

La purificacion del petróleo, es decir, la eliminacion del agua i de la arena i sedimentos con que viene mezclado a su salida del pozo se hace comunmente en dos etapas: la primera consiste en dejarlo en reposo por algun tiempo en un estanque abierto escavado en el suelo, donde se deposita gran parte de los sedimentos; la segunda etapa tiene lugar en grandes estanques cerrados, de fierro, donde se calienta el petróleo por medio de un serpentín a vapor para facilitar la separacion del agua i de los sedimentos finos. Estos mismos estanques sirven para almacenar el petróleo.

El costo de estas instalaciones de purificacion i almacenaje depende, naturalmente, en gran parte de las condiciones locales i de las dimensiones o capacidad que ellas tengan. La capacidad de almacenaje debe estar en relacion con la productividad de los pozos i con las facilidades de que se dispongan para trasportar el petróleo a los centros de consumo.

El almacenaje del petróleo en estanques de tierra escavados en el suelo es el mas económico como instalacion, pero tiene dos graves inconvenientes que hacen, a fin de cuentas, mas caro este sistema de almacenaje que la construccion de grandes estanques de fierro. Estos inconvenientes son: 1) que se pierde gran cantidad de petróleo por infiltracion en la tierra, i 2) que el petróleo pierde por evaporacion gran parte de los elementos volátiles (gasolina) que contiene, i estos elementos son precisamente los de mas valor.

Los estanques de fierro son caros, su valor depende de la capacidad; he aquí algunos precios para California:

Capacidad	Costo total	Costo por barril
55,000 bls.....	11,000 dólares.....	0.20 dólar
10,000 ».....	5,000 ».....	0.50 »
3,000 ».....	2,400 ».....	0.80 »
1,000 ».....	1,000 ».....	1.00 »

un dólar equivale a \$ 5.00 de nuestra moneda corriente.

A pesar de su precio elevado los estanques de fierro se emplean estensamente para el almacenaje del petróleo, pues son los mas convenientes.

El costo de produccion del petróleo varia entre límites mui estensos en los

diversos campos petrolíferos i depende esencialmente de la productividad de los pozos que, como se ha dicho, es sumamente variable.

El precio de venta del petróleo, en Estados Unidos, varia entre \$ 2 i \$ 12 de nuestra moneda corriente por barril, puesto en estanques en los diversos campos petrolíferos. Esta enorme diferencia de precios, se debe en primer lugar a la diferencia de calidad o composicion química. Los petróleos de Pennsylvania que son las mas livianos i que se prestan mejor a la refinacion son los que comandan mejor precio; los petróleos pesados de California i Texas, que no se prestan mui bien para ser refinados i que se emplean principalmente como combustibles, son los de menor precio. Otro factor que influye poderosamente sobre el precio del petróleo en los campos petrolíferos, independientemente de las condiciones jenerales del mercado, es la distancia a que ellos se encuentran de los centros de consumo, lo que se traduce en mayor o menor flete que hai que pagar por barril de petróleo.

El transporte de cantidades importantes de petróleo a grandes distancias se hace invariablemente en cañerías o en wagones estanques de ferrocarril. Para el transporte marítimo se emplean los buques estanques. Parece escusado decir que la adquisicion de tales elementos de transporte es costosa. Con excepcion de algunas grandes compañías petrolíferas los productores se valen, en este pais, de las numerosas compañías de transporte para movilizar su petróleo.

La refinacion del petróleo o sea la extraccion de los diversos productos que se derivan de él, es una industria que se practica jeneralmente en grande escala e independientemente de la explotacion del petróleo crudo.

No entraremos aquí en detalles sobre la refinacion del petróleo i su economía por haber tratado, ya, en otra ocasion, el mismo asunto bajo el título de «Proyecto de una refinería nacional de petróleos».

BIBLIOGRAFIA

Redwood Boverton.—Petroleum.

Thomson Beeby.—Petroleum mining and Oil Fields Development.

Neuburger et Noalhat.—Technologie du Petrole.

Thomson, Jocelyn & Redwood.—Handbook of Petroleum.

Hicks J. A.—The Laboratory Book of Mineral Oil Testing.

Sherill Franck.—The Oil Merchant's Manual.

Gregorius Rudolf.—Mineral Waxes.

Fenneman N. M.—Oil Fields of the Texas Louisiana Gulf Costal Plain.

Prutzman P. W.—Petroleum in Southern California.

Harris G. D.—Oil and Gas in Louisiana.

Periódicos:

The Petroleum Review, London.

The Oil and Gas Journal, Tulsa, Oklahoma.

The Oil City Derrick, Oil City, Pa.

The Oil Age, Los Anjeles, Cal.

The California Derrick, San Francisco, Cal.

The Oil, Paint and Drug Reporter.

JUAN BLANQUIER,
Injeniero de Minas (U. de Ch.)



La reforma del plan de estudios en las escuelas de minería

Cien veces he intentado tratar este tema con el propósito de ayudar, con mi modesto concurso, a la reforma de los estudios que se hacen en las Escuelas de Minería, donde reina una grande anarquía i una absoluta falta de orientación práctica; pero, dudando de la importancia de mis observaciones experimentales i dando como un hecho, que el informe elaborado por el honorable Consejo, nombrado ad-hoc por el Ministerio de 1911, seria concluyente i satisfactorio, habia desistido de mi empresa. De esta indecision vino a sacarme el desengaño causado al Consejo Superior de Enseñanza Minera, por el mismo Ministerio que la nombró, al desconocer, sin previo estudio, la importancia de dicho Proyecto.

Este mal habria sido el menor, si no hubiese opuesto, a este programa elaborado con conocimiento de causa, otro tan contraproducente como el antiguo, fabricado en pocos dias por tres o cuatro personas mui poco conocedoras de la materia que trataron.

El Consejo Superior de Enseñanza Minera puso el dedo en la llaga al querer cambiar el engañoso título de Injeniero Práctico de Minas, por el de Fundidor i Laborero de Minas.

¿Qué es un Injeniero Práctico de Minas?

Es un profesional que posee un cúmulo de conocimientos superiores en Matemáticas, en Química, en Jeología, en Metalurjia, en Mineralojía, en Topografía i Jeodesia, casi todo estudiado teóricamente i a todo escape, cuando todos estos ramos son esencialmente experimentales, que necesitan un dia de teoría por cinco de práctica, ya sea en el laboratorio o en el terreno mismo.

¿I qué hace este profesional con tantos conocimientos mal dijericos?; perdónese el vocablo. Podria hacer mucho; pero la falta de práctica por un lado i las pretensiones adquiridas juntamente con el título por otra, la hacen poco ménos que inútil en el campo industrial, i mui pedante en el terreno científico.

Son mui pocos los que perseveran i profundizan los estudios adquiridos superficialmente en la Escuela; la mayoría desilusionada con el fracaso de su carrera, viéndose desalojada por otros que no entienden ni de Química, ni de Cristalografía, ni de Trigonometría, etc., maldice mas de una vez el tiempo perdido en sus estudios, pues, tiene que aprender de nuevo a ganarse el pan en la vida práctica.

¿De qué nos sirve, por ejemplo, los vastos conocimientos que sobre Química Analítica nos inculcara nuestro inolvidable i excelente profesor don Casimiro Domeyko? Basta recorrer todos los establecimientos mineros i salitrosos del pais para cerciorarse que el noventa i cinco por ciento de los laboratorios está ocupado por ensayadores que aprendieron prácticamente en el mismo establecimiento. Podria citar el nombre de cincuenta Injenieros Prácticos que hoi dia se ganan la vida trabajando en el comercio, en la agricultura o, simple-

mente, como empleados secundarios de escritorio; para desempeñar cuyos puestos no necesitan aplicar ninguno de los conocimientos aprendidos en las Escuelas de Minas. Si algunos hai bien colocados, débese a influencias personales o a largos años de permanencia en un establecimiento.

Por otra parte, el Gobierno que debe ser palanca i éjida de las artes liberales, por una dualidad incomprensible coarta i mata lo que él mismo crea.

Para un Injeniero Práctico de Minas, el curso de Injeniería, propiamente dicho, es una ironía i solo sirve para decepcionarlo profundamente.

Desconocer el fracaso sufrido por el Gobierno con las Escuelas de Minería, i el grave perjuicio que se hace a la juventud que se dedica a este ramo, es demostrar ignorancia o maldad, que redundan en perjuicio de la minería en jeneral.

Para dar mas fuerza a mis argumentos i para no estenderme demasiado, voi a sintetizar en pocas líneas mi odisea como Injeniero Práctico de Minas.

Rendí mi exámen final de tercer año a fines del 99, i ya con mi bagaje de conocimientos i con la fe i esperanza de los veinte años, me lancé en la lucha por la vida.

Empecemos.

—Sr. García: confiado en la buena voluntad que Ud. muestra a los alumnos que salen de la Escuela de Minería, vengo en demanda de una ocupacion. Puede tomarme como Laborero, como Químico o como Dibujante.

—Siento grandemente, jóven, no poderlo ocupar en mi faena. Tengo un Laborero mui práctico, criado en las minas i que conoce la mia como la palma de la mano. Dibujante no necesito; Químico tampoco, pues el mismo Laborero calcula la lei de los metales de los pirquineros, al ojo, i no se equivoca nunca en contra de la casa. Ademas, prácticamente, ha aprendido a ensayar cobre, i lo hace cuando tiene dudas.

—Pero señor . . .

—En fin; crearé el puesto de Químico, en vista de sus buenos deseos para trabajar.

I quedo convertido en un Químico de veras valiéndome por mí solo.

Pasa el tiempo, vejeto i el desacuerdo con el Químico-Laborero es constante. Gano tanto como el mayordomo que apénas sabe leer, i mucho ménos que el empleado de escritorio. Me revelo contra esta anomalía i abur. Termina la primera etapa.

* * *

Estoi en Tierra Amarilla.

—Señor Escriba, necesito trabajar; soi Injeniero Práctico de Minas i puede por lo tanto ocuparme como Químico, como Dibujante o como Fundidor.

—Químico no necesitamos; nos falta un dibujante mecánico; pero por experiencia sé que los Injenieros Prácticos no saben casi nada de dibujo de máquinas.

—Tiene Ud. razon.

—Fundidor tambien tenemos; pero nos falta un ayudante que sea práctico; si Ud. se encuentra capaz, vuelva mañana.

La palabra práctico érame ya antipática, i mucho mas cuando reconocia

que en teoría era hasta Astrónomo; pero prácticamente era nada mas que un astro-mono.

Regreso a la mañana siguiente:

—Estoi a sus órdenes señor Escriba.

—Perfectamente, venga conmigo.

—Mr. Muller, dice el Sr. Escriba, este jóven, Injeniero Práctico de Minas, será su ayudante.

—All right—contesta Mr. Muller—i volviéndose a mí, me interroga:

—You speak English?

—Mui poco señor.

Jesto de desaprobacion del Fundidor i media vuelta del Jefe a su escritorio. Empieza la via-crucis.

—Ud. no sabe ingles, no saber fundir; Ud. ir su casa cambiar esa ropa de injeniero por otra como el mio.

—Listo Mr. Muller. (Para mayor seriedad cambiaremos el lenguaje de Muller).

—Bueno: supóngase que yo enfermo tres días, durante cuyo tiempo maneja Ud. la Fundicion. ¿Qué hace?

—Seguir la práctica establecida por Ud.

—Es que nadie sabe como yo lo hago.

—Tomo entónces la lei i clase de todos los minerales en cancha i hago las mezclas en esta i esta otra forma.

—Malo; así pierde Ud. casi uno por ciento en las escorias. Las mezclas para el Pils se hacen i cargan así, i para el reverbero de esta otra manera.

—Pero si las mezclas que yo le he dado son las mismas que el Establecimiento proporcionó a la Escuela de Minería.

En este momento llega el señor Escriba i se impone de tan orijinal exámen.

—Tiene Ud. razon, me dice, en cuanto a sus conocimientos de fundicion. Esto se hacia aquí hace cuatro o cinco años, pero, actualmente, hemos variado algo el proceso. Ud. no debe ignorar que la Metalurjia, como todo ramo científico-industrial, sufre cada dia perfeccionamientos que todo buen metalurjista está obligado a seguir paso a paso. Sin embargo, veo que Ud. tiene mucha teoría i se da cuenta de las reacciones que se operan dentro del horno; qué-dese; será Ud. un buen fundidor.

Pero ántes que pudiera darles las gracias, Mr. Muller contesta:

—No ser útil para mí; i volviendo las espaldas se alejó diciendo:

—No saber ingles no saber fundir.

Aquella noche mas de una interjeccion cayó sobre mis anticuadas copias de Metalurjia, escritas con tanto esmero i guardadas con tanto cariño.

* * *

Tercera etapa.

Estoi en el mineral de Manganeso, frente al Administrador.

—Señor Pool; necesito trabajar; soi Injeniero Práctico de Minas, i puedo, por consiguiente, desempeñar cualquier puesto relacionado con esta profesion.

—Perfectamente, llega Ud. mui a tiempo; necesitábamos un Injeniero

para confiarle la construccion de un andarivel i la instalacion de una compresora de aire con su caldero respectivo.

Debo de haber abierto mucho la boca, porque Mr. Pool se reia.

—Qué hai, continuó, ¿no le parece bien i provechoso este trabajo?

Como mi silencio se prolongara demasiado, Mr. Pool me interrogó nuevamente en tono áspero:

—¿Acepta o no acepta?

En medio de mi confusion comprendí que debia decir la verdad, i mascullando, mas bien que hablando las palabras, contesté:

—Siento grandemente no encontrarme en condiciones de tomar estos trabajos; no tengo práctica en ellos.

—Pero cómo dice que es Ingeniero Práctico de Minas?

—Lo soi; pero... en la Escuela de Minería no nos enseñan mecánica práctica, ni resistencia de materiales, ni...

—Es lamentable este vacío en la enseñanza minera. El Ingeniero Práctico de Minas debe tener algunos conocimientos de ingeniería mecánica; porque este ramo es inherente a la buena i económica explotación de las minas.

—¿i.....!?

—Tengo otro puesto vacante, mayordomo del interior, que Ud. probablemente no aceptará.

—Acepto, contesté maquinalmente, i quedamos de acuerdo. El puesto aceptado lo podia desempeñar cualquier obrero con saber leer i escribir.

La idea de que mis estudios eran poco ménos que un fracaso, se acentuaba una vez mas.

Dentro de la mina tuve dos sorpresas que concluyeron por echar una montaña de desesperacion sobre mi pecho. El Laborero era un mayordomo que habia conocido en el mineral de Ojancos; i entre los barreteros reconocí a un colega de un curso posterior al mio.

—¿Por qué trabajas como peon? le pregunté.

—Porque así gano mas que tú como Mayordomo i que ese como Laborero, me contestó, i se alejó contento entre la cuadrilla.

* * *

Dos años despues subia a caballo las escarpadas sierras del rico mineral de Cerro Blanco. Los que allí pasé fueron dias de prueba; pero tambien fué mi verdadera escuela, donde pude apreciar i aplicar algunos de los valiosos conocimientos aprendidos desordenadamente i a todo escape en la Escuela de Minas.

Os ruego me acompañéis por cuarta vez.

—¿El señor Administrador?

—Con él habla.

—Esta carta del Sr. G. Martin.

—Bien; ¿sabe Ud. Contabilidad?

Una nube pasó por mis ojos.

—No señor.

—Entónces no tengo nada mas que ofrecerle por el momento.

La desesperacion i la rabia que estalló en mi cerebro, debe haber salido a la cara, porque el Administrador añadió luego:

—Si Ud. quiere ocuparse como oficial de Ademador, hasta que haya un puesto mejor, puede salir desde mañana.

—Acepto; gracias.

Durante dos meses fuí el ayudante de un Ademador; un obrero analfabeto i flojo, que hacia su trabajo como un autómeta.

Aun hoi dia recuerdo, cual si fuera pesadilla, cuando pasaba encorvado, por las estrechas galerías, bajo el peso de un tablon de roble o de una viga de pino. I pensar que yo habia estudiado seis años: tres de humanidades i tres de minería, para venir a ser el oficial de un peon.

Poco tiempo despues llegaba al mineral el Sr. Alejandro Rogers, Injeniero norte americano. Con él adquirí muchos conocimientos técnicos no estudiados en la Escuela de Minería; pero tambien apliqué i practiqué ventajosamente todo lo que habia aprendido sobre Mensura i Esplotacion de Minas. La enseñanza de este ramo en la Escuela de Minería deja mucho que desear; es mui rudimentario.

Los trabajos hechos por el Injeniero Rogers, en la Mina «Amarilla», son los mejores que conozco hasta la fecha.

Ocho meses despues de todos estos sucesos era ascendido a Administrador de la mina «Coquimbana». Al fin llegaba al punto por donde debia haber empezado tres años ántes.

* * *

Aun me queda un punto que tratar i que demuestra lo engañoso que es el título de Injeniero Práctico de Minas.

Contajiado con la fiebre producida por la riqueza de Collahuasi i llamado por un hermano, me trasladé a Iquique. Dos dias despues de mi llegada tenia cincuenta mensuras de pertenencias por hacer. Soi propuesto i el juez me rechaza. Se alega que soi Injeniero Práctico de Minas i el majistrado contesta:

—Los Injenieros Prácticos de Minas no tienen autorizacion para esto; habiendo Injeniero Civil o de Minas, los trabajos de aquéllos no tienen ningun valor legal.

¿Para qué estudié entónces Planimetría, Topografía, etc.; para que el Estado, que me proporcionó esa educacion, me diga por boca de uno de sus majistrados que esos conocimientos no me sirven?

Reconsiderando la relacion anterior, que es completamente verídica, creo que la reforma del plan de estudios de la Escuela de Minería debe hacerse sin demora. Lo único que se logra con el plan actual es formar sabios insoportables, que de todo entienden pero ningun ramo lo saben bien; todo es superficial.

Yo no comprendo como se ha pretendido i pretende exigir que un alumno, en cuatro años, salga de las aulas convertido en un verdadero Químico (entiéndase Químico i no Ensayador), en un buen Metalurjista, en un concienzudo Jeólogo i Mineralojista i en un competente Injeniero. Esto mismo me decia el

Ingeniero Rogers cuando le chocaba la variedad de mis conocimientos frente a la ignorancia i torpeza que mostraba al aplicarlos prácticamente.

Creendo, pues, que mi esperiencia puede ser de utilidad, voi a permitirme proponer la reforma siguiente:

Abolir el engañoso título de «Ingeniero Práctico de Minas», tan acertadamente propuesto por el Consejo Superior de Enseñanza Minera.

Otorgar a los alumnos diplomas como Fundidor o Perito de Minas. Digo Perito de Minas, porque el título de Capataces o Laboreros de Minas, no está de acuerdo con la instruccion superior que se adquiere en la Escuela. El puesto de capataz o Laborero está ocupado siempre por hombres mui prácticos, pero cuyos conocimientos técnicos en Jeología, Química, Mensura de Minas, etc., son completamente nulos.

Divido ademas el curso en dos ramos distintos, por la siguiente razon: El que se dedica a la Metalurjia no puede ni debe desatender su profesion para mezclarse en un trabajo completamente diverso, como es la Esplotacion de Minas.

Necesitamos hombres útiles i no sabios de mala lei.

Es así, simplificando o dividiendo la universalidad de los conocimientos, como se puede llegar a tener hombres técnicos idóneos, que sean autoridad en este o en aquel ramo, i es así tambien como podemos llegar algun dia a independizarnos de tutelajes estraños.

Basándonos en la division de los estudios en dos fines, tendríamos tambien que dividir los ramos de enseñanza.

Tanto el Fundidor como el Perito necesitan algunas jeneralidades, i para no resentir esta base, debemos dejar que los estudios sean comunes hasta el segundo año. A partir de este punto, algunos ramos deben enseñarse separadamente. El Fundidor cursaria entónces: Metalurjia, Elaboracion de Salitre, Química Analítica, Mecánica Práctica i Dibujo, i continuaria los estudios de Mineralojía empezados el 2.º año.

El Perito de Minas cursaria: Jeología (prestando preferente atencion a este ramo), Mensura i Esplotacion de Minas, Mecánica Práctica, Planimetría, i continuaria los estudios de Mineralojía i Docimasia empezados en el 2.º año.

Ademas de los ramos indicados, tanto el Fundidor como el Perito de Minas, deben cursar ingles desde el 1.º año, i Contabilidad desde el segundo año. De esta manera se le asegura un sólido porvenir, quedando preparados para ascender: el uno a Administrador de Establecimiento i el otro a Administrador de Minas, i ámbos a Administradores de Oficina Salitrera.

Conozco varios colegas competentes que han visto tronchadas sus esperanzas por no poseer Ingles i Contabilidad.

Los estudios de los ramos indicados se harian dentro del tercer año, reservándose el cuarto año a la práctica exclusivamente. El curso de Fundidores, iria a los Establecimientos de Fundicion, i el de Peritos de Minas a las Faenas Mineras, i ámbos despues a las Oficinas Salitreras. Así se practicarían todos los ramos en el mismo terreno i se aprenderían muchos conocimientos que hoi día se escapan i se escapan en la enseñanza teórica.

La escasa práctica que se hace en las Escuelas, en los Gabinetes de Qui-

mica, Mineralojía, Esplotacion de Minas, etc., es una gota de agua arrancada al mar.

Antes de terminar quiero dedicar algunas líneas a la Jeolojía, cuyo ramo necesita preferente atencion, porque es la base del Perito de Minas. Los estudios teóricos, hechos en la Escuela, sobre mapas jeolójicos, serán siempre completamente inútiles sin la práctica.

Los candidatos a Peritos deben hacer escursiones desde la Costa a la Cordillera, conociendo las diversas formaciones jeolójicas i depósitos Mineralójicos i comparándolos con sus mapas i apuntes.

La ignorancia de la Jeolojía ha sido la causa de no pocos fracasos mineros.

He conocido faenas, hoi abandonadas, establecidas sobre pequeñas vetillas i reducidos depósitos lenticulares de cobre, situados en la terminacion de una angosta inclusion de roca eruptiva en terreno primitivo. I, sin embargo, se ha dado espléndidos informes sobre el porvenir del mineral.

Terminaré estas consideraciones solicitando benevolencia del Consejo Superior de Enseñanza Minera por mi intromision en este asunto.

J. J. L. T.



Estaño ⁽¹⁾

El alto precio del estaño que ha prevalecido por algun tiempo ha estimulado la produccion en todos los paises grandes productores i ha dado gran exportacion de la provincia de Yunnan, China. Esta, sin embargo, no ha desarrollado nuevas fuentes de produccion. La produccion de Nijeria, de la cual se esperaba mucho, permanece pequeña. De tiempo en tiempo se anuncian nuevos descubrimientos de estaño en distintos paises, pero pocos o ninguno de ellos parecen alcanzar hasta producir, i continuamos confiando en nuestros antiguos productores para el abastecimiento de este metal.

IMPORTACION DE ESTAÑO DE LOS ESTADOS UNIDOS

Año	Libras	Valor	Año	Libras	Valor	Año	Libras	Valor
1902	85.043,352	\$ 21.263,337	1906	\$ 101.027,188	37.446,508	1910	105.137,740	\$ 33.921,449
1903	83.133,847	22.265,367	1907	82.548,838	32.075,091	1911	106.936,872	43.390,639
1904	83.168,657	22.356,896	1908	82.503,190	23.932,560	1912	116.003,385	50.371,102
1905	89.227,698	26.316,023	1909	95.350,020	27.559,937	.....	.....	.....

(1) Traducido de *The Mineral Industry*, 1912.

Alaska.—La York Dredging Co., completa su segunda estacion de dragaje de estaño en placeres en Buck Creek en octubre 14 de 1912. La draga se sacó de los cuarteles de invierno i se puso en trabajo el 29 de junio, haciendo en total una corrida de 107 dias. Lo estraído en la estacion alcanzó a 175 toneladas de casiterita. El total embarcado fué 130 toneladas; las 45 toneladas restantes listas para embarque se dejaron en Jork, a causa del naufragio del bote a gasolina que hacia la travesía entre York i Nome.

La draga se instaló en setiembre de 1911 e hizo un trabajo de 30 dias, que fué de prueba i pasó a cuarteles de invierno el 15 de octubre de 1911. La operacion en la estacion de 1912 probó la eficiencia de la draga, que fué especialmente construida para este trabajo. Es una draga del tipo de las de California; los capachos son de cadena abierta, con 2.75 piés cúbicos de capacidad i tienen labios de acero-níquel. Labios de acero manganeso se cambiaron ántes que la draga principiase a trabajar en la estacion de 1913. La capacidad de la draga es de 1,200 yardas cúbicas en 24 horas, pero se ha notado que se tiene mejor resultado en la recoleccion del estaño, disminuyendo el yardaje a 950 o 1,000 yardas cúbicas en 24 horas.

Lo recojido en 1912 fué 6.5 libras de casiterita por yarda cúbica de cascajo. Mayor aprovechamiento se ha obtenido en la ensenada, pero esto proviene de que el centro del depósito o aluvion se ha trabajado por métodos de «slinks», en tanto que la operacion de la draga comprende todo el ancho del canal, de 100 a 160 piés. El costo de dragaje en los placeres de estaño es mayor que el dragaje del oro, debido a que las limpieas es necesario hacerlas mas frecuentemente, i el costo en este caso por arrastre de carros i gastos del vapor. La produccion de casiterita a razon de 6.5 libras por yardas cúbicas necesita 6 a 8 limpieas en las 24 horas i exige el trabajo de tres hombres casi constantemente en cada una de las guardias de 12 horas.

El concentrado se traspasa por medio de una canal a los buzones i despues se ensaca en sacos de 50 libras en tanto que el cascajo que pasa por el harnero se desaloja por otra canal, de modo que la línea de capachos nunca está desocupada. El llevar los productos por agua o mar desde Buck Creek a la ciudad de York cuesta aproximadamente \$ 14 por tonelada; el trasporte por agua desde York a Nome varia de \$ 6 a \$ 10 por tonelada, dependiendo de la disponibilidad de los botes. Desde Nome a Seattle vale \$ 4 i desde Seattle a Liverpool \$ 8.50 por tonelada; el gasto corriente total es de \$ 32.50 por toneladas desde el campo de dragaje a Liverpool.

La distancia de Buck Creek a York es de 14 millas, desde donde el trasporte en carros cuesta \$ 1 por tonelada i por milla. Seis caballos pueden arrastrar 5 toneladas, 4 caballos 3 toneladas. Durante parte de la estacion de 1912 se empleó una máquina de traccion, arrastrando 7 toneladas por carga, pero este método era mas caro que el de caballos i carros i esto debido a que los carros de la máquina no se podian cargar al máximo por lo malo del camino. La distancia de Nome a York por agua, es de 110 millas, i el gasto de trasporte es de \$ 5.5 por milla.

Estaño secundario en los Estados Unidos.—Segun la estadística de la U. E. Geol. Surv., el estaño secundario recojido en 1912 fué igual a 26.6 % del estaño, al estado de metal u óxido importado a los Estados Unidos durante el año.

El estaño secundario recojido subió de 14,706 toneladas, con un valor de \$ 12.353,040 en 1911, a 15,401 toneladas avaluadas en \$ 14.301,368, en 1912. La cantidad recojida como estaño metálico en 1912 fué de 8,333 toneladas i la recojida en la forma de aliaciones i compuestos químicos fué 7,068 toneladas. Este valor del estaño recojido está basado en el precio medio del año, en Nueva York.

El estaño recojido incluye el contenido en estaño de los productos fabricados de estaño viejo por varias usinas. Este incluye algo de óxido de estaño, etc., pero consiste principalmente en cloruro de estaño. Como los productos se elaboran con estaño viejo i éste contiene el metal primero, propiamente se les designa como estaño recojido. Dos clases de cloruro de estaño se encuentran en el comercio: sales estánicas i estañosas. El cianuro estánico comunmente se vende en dos formas: o en solución acuosa, llamada bicloruro de estaño o como un líquido espeso anhidro, llamado tetracloruro de estaño i se usa principalmente en la industria de la seda. El cloruro estañoso se vende en la forma de cristales i se usa en tintorería i en la impresión de calicó.

La mayor parte del óxido de estaño, tetracloruro i otros productos se fabricaron con los recortes de planchas limpias de estaño o con los licores de estaño, residuos de tintorería e industria de la seda. El proceso de cloruro seco se usó para recojer el estaño de los recortes i sobrantes. En otros hornos de reverbero se usó para recojer los recubrimientos de estaño i una gran cantidad del estaño se recojió en la forma de polvo por el tratamiento electrolítico del estaño usado pero limpio; el polvo se enviaba despues a otros fundidores. La mayor parte del estaño recojido se obtuvo de sobrantes de la fabricación de planchas de estaño, lo que alcanzó a 5,000 toneladas. El estaño recojido proveniente de trozos de estaño, cañones, hojas i tarros, fué relativamente pequeño. Solo una firma comunica haber usado objetos viejos que contenian estaño, de los cuales primero se estrajo la soldadura i despues se fundió la placa negra para fabricar contrapesos de ventanas corredizas. Los años de precio elevado en el estaño no han bastado para aumentar la extracción del estaño sirviéndose de las latas usadas.

PRODUCCION MUNDIAL DE ESTAÑO

(Toneladas métricas)

Paises en que se ha fundido	1907	1908	1909	1910	1911	1912
Australia (m).....	7,100	6,700	6,450	5,500	5,150	5,130
Austria-Hungria (a).....	47	39	52	39	16	14
Banka vendido en Holanda.....	11,440	11,710	12,150	13,631	15,147	16,111
Billiton, vendido en Holanda i Java (m)	2,260	2,270	2,280	2,240	2,240	2,243
Bolivia, metal esportado a Inglaterra(w)	1,143	1,174	834	1,003	464	552
China, esportado (a).....	3,728	4,836	4,516	6,510	6,056	8,785
Francia (m).....	nada	nada	nada	nada	500 (e)	500
Alemania, principalmente de minerales bolivianos (a).....	5,838	6,374	8,995	11,394	12,426	(e)12,500
Japon (a).....	32	26	23	23	155 (e)	175
Straits Settlements, esportado (m)....	56,550	63,690	61,540	57,490	51,944	(e)61,528
Reino Unido de minerales propios (a).	4,478	5,133	5,282	4,874	4,950	5,061
Reino Unido, de minerales importados (m).....	10,020	11,614	11,890	13,055	13,850	13,600
Produccion total de metal.....	102,636	113,566	114,012	115,759	118,898	126,199

(a) Estadística oficial, (e) Estimada, (m) Metallgesellschaft, (w) Watson & Co.

NOTA. Entre las omisiones mas importantes de la tabla precedente, debido a lo imperfecto de las estadísticas, están las siguientes: (1) produccion de las fundiciones de Africa central i del Sur; (2) Esportacion de Siam, Indias Alemanas Orientales, China, Corea i Japon; (3) consumo local en Straits Settlements, Siam e Indias Alemanas Orientales.

MINERÍA EN PAISES ESTRANJEROS

Africa.—Las localidades productoras en este continente están en el Congo Belga, en Nijeria, en Rhodesia del Sur, i en el Transvaal Norte; tambien se han hecho recientes descubrimientos en Damaraland i en Colonia del Cabo i se continúan los cateos en Africa Alemana Oriental. Las últimas localidades aun no han probado que serán buenas.

En el Congo Belga, anticipándose a la llegada en 1915 del ferrocarril Elisabethville-Bukama, se van a principiar cateos en Kansonso bajo los auspicios de la Union Minière du Haut-Katanga. El estaño se presenta en vetas de pegmatita i en placeres. Una continuacion de la corrida de estaño de Katanga, ha sido encontrada por una de las compañías Muika, cerca de Kiambi, en el Luvua. Esta compañía, el grupo Thys-Jadob, actualmente explota algunos depósitos. Los indicios de estaño se han señalado en 2 kilómetros. Pronto se van hacer funcionar los slimes en el terreno, i se construirán 5 molinos con pisones i mesas.

La produccion de Nijeria del Norte va invariablemente en aumento, la produccion proviene principalmente del trabajo de aluviones; los filones estaníferos de Jemoa fueron un fracaso. La produccion total de Nijeria en 1912 fué de 2,532 toneladas de mineral de estaño concentrado, de las cuales 486 vienen de Maraguta, 384 de Bisichi, 307 de Rayfield, i 312 de Nijeria del Norte, Bauchi, etc. Se dice que el estaño fundido por los nativos en este distrito, es el mas puro del mundo. (G. T. Holloway, Transacciones de la Sociedad Faraday, Nav. 1911). La única impureza parece ser trazos de fierro.

El jeólogo del gobierno de Rhodesia ha presentado un informe sobre el terreno estanífero Victoria, en el sureste de Rhodesia. Consiste en una estension de rocas metamórficas que pertenecen a los grupos de epidiorita i minerales de hierro en bandas, rodeado en tres de sus costados por granito gris con biotita. A lo largo del granito corren diques de pegmatita i que se internan en alguna distancia en las rocas metamórficas. La última serie está mas o ménos alterada i transformada en greisen i lleva bastantes ojos pequeños de micalitínica verde i casiterita. La primera serie no ha sufrido alteracion i es estéril. El conjunto es semejante al del distrito de Euterprice. Considerando los blocks de mineral que se han encontrado i que pesan hasta 200 libras, el estaño que contienen se presenta en pequeñas manchas distribuidas al azar i su lei media es baja. El espesor de los diques i mantos es de 6 a 15 piés i hai posibilidades para que sean grandes masas de mineral con baja lei. La explotacion en Transvaal indica una pequeña disminucion, si se compara la produccion de 3,135 toneladas con la de 3,525 toneladas que hubo en 1911. El precio mas alto obtenido en 1912, prácticamente ha disminuido las pérdidas de la menor produccion. El valor de la produccion fué £ 350,000 i £ 410,000 en el año anterior.

En la mina de estaño Zaaiplaats, del distrito de Waterberg, a 175 millas al norte de Johannesburg, se molieron de 1911 a 1912, 29,330 toneladas (2,000 libras) de mineral con lei de 3.76%. El concentrado obtenido fué de 1,647 toneladas (2,000 libras c/u) con lei de 67% de estaño.

La ganancia fué £ 108,364. El total de los dividendos desde el principio de las operaciones en 1908 ha alcanzado a £ 242,351. En 1912 los 15 pisones se aumentaron de peso, de 750 a 1,500 libras cada uno. La reserva en mineral es 24,622 toneladas i se estima tienen 3.42% de estaño i 60,000 toneladas de residuos de tratamiento anterior i con lei de 1 a 2%. En 1912 hubo escasez de agua, lo que impidió correr mas de 5 pisones. Las papas o bolsones de mineral, en esta mina, son erráticos, i cachimbas semejantes se han convertido en estériles en la mina vecina, Groenfontein.

Otro de los grandes productores en Transvaal, es la mina Rooiberg, que

trabaja fracturas en fallas e impregnaciones que van a lo largo de planos de juntas en cuarcita que descansan en granito; hacia el este, esta mina de 1911-1912 molió 20,799 toneladas (2,000 libras c/u) de mineral con lei de 4.94% i obtuvo 884.58 toneladas de concentrados con lei de 67.9% de estaño. Los residuos alcanzaron a 44,500 toneladas con lei de 2.51% de estaño i actualmente se están tratando con aparatos de los usados en Cornish. Las reservas de mineral llegan a 21,300 toneladas con lei de 4.7% en Sn. Los trabajos de desarrollo parecen han fracasado porque en planes, a 310 ft., no se ha encontrado mineral con suficiente valor.

Australia.—En la produccion de estaño, Tasmania ocupa el primer lugar; con una produccion de 3,714 toneladas (2,440 libras c/u) de concentrados de casiterita, obtenida en 1912; le sigue Queensland con una produccion de 3,230 toneladas i Nueva Gales del Sur con una produccion de 1,175 toneladas de mineral i 900 toneladas de estaño metálico. Australia Occidental produjo 554 toneladas de concentrados (£ 65,159) i Victoria 48 toneladas (£ 5,733).

Las estadísticas oficiales de varios estados, hasta ahora no dicen dónde i en qué cantidad se funden estos concentrados. Sin embargo, las esportaciones de Commonwealth en 1912, incluyen 3,875 toneladas (2,440 libras c/u) de estaño metálico (£ 790,588); 3,078 toneladas de minerales de estaño (£ 392,082); i 158 toneladas de concentrados (£ 18,727). La Metallgesellschaft para Australia una produccion de 5,050 toneladas (2,440 libras c/u) de estaño metálico e indica, para el consumo en el pais en 1912, la cantidad de 1,180 toneladas largas (2,440 libras c/u).

Nueva Gales del Sur.—La produccion principal de minerales de estaño se obtiene con dragas, de las cuales 39 se ocuparon en 1912 i ocuparon 750 hombres. La produccion de las dragas en 1912 fué 1,621 toneladas, avaluadas en £ 223,813, lo que excedió en £ 15,718 a la produccion de 1911. Los mejores resultados se obtuvieron por los dragajes en Emmaville, de donde se estrajo 744 toneladas. En la division de Tingha lo obtenido llegó a 714 toneladas avaluadas en £ 98,495. En la division de Wilson's Donofall la produccion fué de 140 toneladas. Pequeña produccion tambien se obtuvo de Bendeneer i Glen Innes. De las 39 dragas en trabajo, 4 eran del tipo de capachos i 35 del tipo de succion. El valor de las instalaciones se estiman en £ 170,140. Las 4 dragas de capachos trataron 503,653 yardas cúbicas de material i de ellas recojieron 171 toneladas de mineral de estaño o sea 0.76 libras por yarda cúbica, avaluada en 10.68 d. Las 35 dragas de succion trataron 2,313,753 yardas cúbicas de material, i recojieron 1,336 toneladas de mineral o sea 1.25 libras por yarda cúbica, avaluada en 19.21 d.

Queensland.—La produccion total de minerales concentrados en 1912 fué de 3,230 toneladas avaluadas en £ 364,503, i la de 1911 fué de 3,091 toneladas con un valor de £ 307,847. En 1912 no se han hecho nuevos descubrimientos de depósitos importantes, pero se notó gran actividad en el desarrollo de las minas productivas. En el distrito de Herbertan, que es la rejion productora principal, la mina Vulcan terminó el año con bastante mineral sobre el nivel de 900 ft. para asegurar algunos años de mayor produccion. La Irvinebank Co., durante el año aumentó su valor. La mina Governor Norman ha mejorado la lei de sus minerales por desarrollos recientes i ha aumen-

tado en pisones el molino de Landon. Este molino i el de M. Agnes trabajaron con toda su capacidad, parte con minerales de la vecindad. En Koorboora, Two Jacks i Tennyson, las minas abastecieron bien a los molinos locales. En Sunnymount, en el distrito del norte, los desarrollos en Tommy Burs i Prince Alfred, prometen dar mineral. El costo de tratamiento i transporte, en esta última mina, llegó a £ 2.10 s. por tonelada. Las minas i equipo que perteneció a Stannary Hill Mining Co. pasaron a manos de Darling & Son, de Adelaida, i muchas de estas minas se trabajan actualmente por arrendatarios.

Las vetas de estaño del distrito de Heberton parecen ser un negocio bastante lucrativo, i si el estaño se mantiene al precio actual, puede buscarse un aumento de producción, no solo de los ricos depósitos de Silver Valley i otras partes, sino de los numerosos depósitos de mineral con baja ley, a los que esfuerzos constantes para reducir su costo de molienda i transporte los están haciendo gradualmente entrar en la esfera de los negocios que dan utilidades.

De las 17 instalaciones de concentración que hai en los distritos de Heberton i Chillagoe, 4 estuvieron de para durante el año; 8 trabajaron parcialmente; i un molino nuevo, el Emuford, trabajó solo 5 meses. La Irvinebank Co., que tiene capacidad para fundir 24 toneladas diarias i que consta de dos hornos reverbero, trabajó a media capacidad durante el año.

El otro precio para estaño de aluviones durante el año 1912, £ 7. 10 s. por cwt. (1 cwt. = 50.8 kgs), ha despertado interés en los trabajos de lavaderos. Recientemente se han visto estensos depósitos de cascajos que tienen estaño por encima del actual nivel de los canales; en algunos casos están cubiertos con emanaciones volcánicas. Hai la idea de prestar gran atención a estos depósitos. Las principales localidades en que se hace la explotación de aluviones es en Kangaroo Hills; Cooktoron; Stanthorpe, donde se han formado cinco nuevos negocios; Chorters Towers i Rocky Creek.

Los recientes desarrollos en Croydon no han resultado satisfactorios.

Tasmania.—La producción de minerales concentrados en Tasmania, durante el año 1912, llegó a 3,714 toneladas largas, valuadas en £ 543,103. En 1911 produjo 3,953 toneladas largas con un valor de £ 513,500. Los principales productores son Mr. Bischoff, que produjo 1,110 toneladas; Briseis, con 539 toneladas i Pioneer, con 468 toneladas durante 1912. Respecto al tratamiento de los residuos en los establecimientos de concentración tasmanianos, se ha inventado un procedimiento con el cual se dice que se extraerá todo el estaño metálico contenido en este material con un costo de 7 a 8 s. por tonelada.

El procedimiento consiste en mezclarse con los residuos, 5% de sal, 5% de carbon de leña i una pequeña cantidad de bromo. Esta mezcla se calienta a 1,600° F. por espacio de 3 a 5 minutos, i el estaño que así se volatiliza se recoge en cámaras de ladrillo, donde la mayor parte se depositó bajo la forma de un polvo seco i blanco de cloruro estañoso i el resto al estado de cloruro estánico; éste es soluble en agua i aquel en ácido débil, de donde puede precipitarse el estaño por los medios usuales.

En la parte occidental de Australia, a principios de 1912, se descubrieron dos vetas de estaño en el distrito de Poonah-Coodordy, a 43 millas al este de

Cue. Una prueba hecha en el molino Great Fingall, con 25 toneladas de mineral, dió 4% de casiterita.

Austria.—La cantidad de mineral de baja lei (1.5%) tratada en Falke-
nan, Bohemia, fué superior a la tratada en 1911, la que llegó a 900 toneladas.

Bolivia.—Este país por varios años ha ocupado el segundo lugar entre los países productores de minerales de estaño. El primer lugar le corresponde a los Estados Federales de Malaya. En Bolivia anualmente se funden de 500 a 1,000 toneladas de estaño metálico, pero la mayor parte del mineral concentrado, barrilla, se esporta, via Antofagasta, a Inglaterra, Francia i Alemania. Ha sido costumbre computar el estaño metálico de estos concentrados, fijándoles una lei de 60%, pero se ha probado (Min. Journ., marzo 15, 1913) que, 57% es casi exacto. Segun las cifras oficiales de la Revista de Aduanas, la esportacion de barrilla durante 1912 fué de 38,379 toneladas [métricas, avalluadas en 59,870,776 Bol.—23,289,732 dollars—la contribucion fué de 1 millon 76,471 dólares.

Desde 1908 la produccion anual ha aumentado en 28% en cantidad, pero tomando en cuenta el alto precio de los últimos años, el valor de la produccion ha aumentado en 94% en el mismo período.

ESPORTACION DE MINERALES DE ESTAÑO BOLIVIANOS

Año	Barrilla toneladas	Contenido en estaño (a)	Año	Barrilla toneladas	Contenido en estaño (a)
1901	21,513	12,943	1907	27,678	16,607
1902	17,340	10,404	1908	29,938	17,963
1903	21,785	13,071	1909	35,566	21,340
1904	20,369	12,221	1910	38,548	23,129
1905	27,690	16,614	1911	87,073	22,244
1906	29,370	17,624	1912	38,379	23,027

(a) El contenido de la barrilla (concentrado negro de estaño), se ha computado dando el 60% de contenido.

RECEPCION DE ESTAÑO BOLIVIANO EN LIVERPOOL, HAVRE I HAMBURGO (a)

AÑO	LIVERPOOL				i Havre Toneladas finas	Hamburgo Toneladas finas
	Barras	Minerales		Estaño total		
		Peso bruto	Contenido metálico			
1902	1,685	10,961	6,576	8,261	.....	.....
1903	1,614	10,401	6,240	7,854	.....	.. .
1904	1,573	13,824	8,294	9,867	.....	.....
1905	1,386	17,504	10,504	11,888	.....	.....
1906	1,569	20,489	12,293	13,862	691	1,827
1907	1,143	18,532	11,119	12,262	924	2,390
1908	1,174	21,502	12,901	14,075	863	2,056
1909	834	22,859	13,716	14,550	1,216	2,275
1910	1,003	24,524	14,724	15,727	808	1,690
1911	464	29,676	17,805	18,269	1,155	3,170
1912	552	20,694	12,416	12,968	545	7,655

(a) Informado por H. A. Watson & Co., Liverpool.

Chile.—Minerales de estaño por valor declarado de 20,700 dólares se esportaron a los Estados Unidos durante 1912. Se informa que hubo un nuevo descubrimiento de una veta de estaño en la provincia de Atacama.

China.—La esportacion china de estaño hizo un record en 1912 i el trabajo fué particularmente activo durante la primera mitad del año. Segun las cifras oficiales de la Maritime Customs Office, la esportacion en 1912 llegó a 145,227 piculs, o sea 8,785 toneladas métricas, en 1911 produjo 6,056 toneladas métricas. El principal lugar de produccion está cerca de Mugtze, en la provincia de Yunnan; pequeña cantidad viene de la provincia de Kwang-si. La mayor parte del mineral se funde, i todo el estaño crudo se refina en Hong-Kong, donde está centralizado todo el negocio de esportacion. El continente europeo toma aproximadamente la mitad del total esportado: Inglaterra toma un cuarto i un cuarto va a los Estados Unidos.

El estaño de Yunnan esclafica en tres órdenes: N.º 1 con 98.5 a 99% de estaño puro; N.º 2, de 97.5 a 98% i N.º 3, de 95 a 96%. El precio corriente en Hong-Kong, en julio 1.º, 1912 por picul de 133½ libras, era de 117.50, en dólares de Hong-Kong para el N.º 1; \$ 115.50 para el N.º 2 i \$ 111 para el N.º 3

Al cambio corriente estos precios equivalían respectivamente a 43.45 cents., 42.7 cents. i 41 cents. por libra.

Se comunica de Yunnan que se está construyendo por una firma francesa (Min. Journ. nov: 16, 1912) un ferrocarril que unirá las minas de estaño de Kochiu con Mentze, sobre la línea principal francesa entre Haiphong i Yunmanfu. Además, dice que el gran establecimiento de fundición de Kochiu está casi listo para inaugurarlo. Los alemanes lo construyeron con un costo de \$ 1.000,000, pero nunca pudo asegurarse un abastecimiento fijo. La construcción del ferrocarril salvará esta dificultad.

Según las informaciones de un diario del país, se sabe que se ha descubierto un lavadero de estaño cerca de la aldea de Funclin, distrito de Kit-yang, el que está dentro del distrito consular de Swatow. Se estima en 100 libras diarias de estaño puro, la producción de este placer.

Se ha formado una compañía con un capital de \$ 375,000 (oro) para adquirir una extensión de 1 milla cuadrada en el nuevo (British) territorio, la extensión Kowloon, con el objeto de trabajar los depósitos de estaño que se sabe desde hace mucho tiempo existen allí, pero que solo recientemente se han prospectado o cateado. El distrito minero está en el valle de Unlong, inmediato a Deep Bay, i los juncos pueden llegar hasta 2 millas de la propiedad. Se espera que en junio de este año el ferrocarril haya quedado concluido, en la extensión Kowloon-Canton i así la concesión quedará mas cerca. En ningún caso el transporte a Hong-Kong costará mas de \$ 5 oro por tonelada.

Indias Occidentales Alemanas.—El cónsul de los E. U. en Batavia informa que la producción de estaño en Banca durante el año de 1912 fué de 24.995,440 libras, (11,336 toneladas métricas), hai un aumento de 523,872 libras sobre la producción de 1911. Las minas de estaño de la isla de Banca, en su mayor parte pertenecen al Gobierno Aleman i las arrienda a mineros; a explotación de las minas de estaño de Billiton se hace de una manera semejante por una gran compañía concesionaria. Las ventas de estaño de Billiton, en pública subasta en Batavia durante 1912 llegaron a 4.936,800 libras (2,239 toneladas métricas), el precio medio fué de 43.25 cents. por libra. La Metallgesellschaft informa que las ventas de estaño de Banca efectuadas en Holanda fueron de 16,111 toneladas durante 1912.

Estados Federales de Malay.—La exportación de estaño i de minerales de estaño (en estos últimos se computa su contenido en 70 % para los efectos de la tasación) ascendió en 1912 a 813,472 piculs (49,215 toneladas métricas), hubo un aumento de 4,345 toneladas métricas, o sea cerca de un 10 % sobre la producción de 1911. El incremento fué debido indudablemente al mayor precio que alcanzó el estaño, \$ 103.30 (U. S.) por picul durante el año.

PRODUCCION DE ESTAÑO EN LOS ESTADOS FEDERALES DE MALAY (a)

(En piculs 133 $\frac{1}{2}$ libra)

	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912
Perak.....	443,507	446,781	435,909	431,386	467,784	461,665	421,335	437,339	
Selangor....	300,413	289,867	268,624	273,900	282,540	266,007	240,192	231,175	
Negri Sembilan.....	84,849	85,133	77,766	75,155	64,221	48,072	34,697	29,230	
Pahang.....	27,469	34,879	34,488	33,195	39,520	43,144	40,674	43,954	
TOTAL....	856,238	856,660	816,787	813,636	854,065	818,888	736,898	741,698	813,472
Toneladas métricas..	51,790	51,793	49,859	48,411	51,654	49,529	44,579	44,870	49,215

(a) Esportacion de minerales de estaño; el último se ha calculado segun su contenido metálico supuesto, sobre el cual se paga los derechos al gobierno de los E. F. de M.

La explotacion del estaño en los Estados de Malay fué objeto de un interesante informe elaborado por D. C. Alexander, Jr., agente especial del Departamento de Trabajo i Comercio de los E. U., que se publicó en 1912 con el N.º 59 de las Series de Agentes Especiales del cual tomamos lo siguiente: Aunque el estaño se presenta en vetas en cuarzo, se presta atención preferente a los ricos depósitos de aluviones mas fácilmente trabajables. Sin embargo, se construye un molino con 20 pisones, para moler minerales cuarcíferos; esta construccion la ejecuta el sindicato Menglembu Lode, cerca de Ipoh; tambien está otro en instalacion cerca de Bentong. A las pertenencias que tienen minerales de mui baja lei se les concede una disminucion en los derechos de esportacion sobre el estaño i minerales que llegen hasta 50 %.

Los depósitos de aluviones se encuentran en los valles adyacentes a los granitos que contienen estaño. Un ejemplo excelente es el Valle Kinta de Perak, con 30 millas de largo i un ancho medio de 5 a 6 millas i queda entre colinas que tienen 300 a 400 piés de alto. Al terreno que tiene estaño se le llama «Karang». La explotacion a «cielo abierto» es la que tiene mayor importancia; la explotacion por medio de escavaciones subterráneas se está dejando usar; el método «lampan» o de eslimes tiene menor importancia que el de a «cielo abierto». La explotacion subterránea i por eslimes se hace en pequeña escala por chinos. Los chinos tambien trabajan muchas de las minas a «cielo abierto»

i se estima que el 78 % de la producción anual proviene de minas de su propiedad i que ellos mismos trabajan.

Después de apartar el estéril superior, el material de los trabajos a «cielo abierto» se sube por planos inclinados para llevarlos a estanques circulares donde se lava por agitación mecánica. Las lamas que rebalsan de los estanques se les hace pasar por «riffles», los cuales recojen la casiterita. Una pequeña proporción del estaño se encuentra en guijarros cuarcíferos, los cuales quedan en los estanques es necesario molerlos para su tratamiento, en pisones o por otro medio de los primitivos. Se dice que el 90 % del mineral contenido en los «karang» se recoge en los «riffles». El mineral limpio se seca en cilindros perforados que se colocan al rededor de una estufa de forma cónica. Si se presenta wolfram, se le extrae sirviéndose de un imán corriente en forma de herradura. La fuerza empleada es de varias clases, hasta la humana en los pisones a mano. La fuerza a vapor se le va gradualmente reemplazando por gasójenos i máquinas a gas. El carbón se obtiene de Wales, China, Bengala o Borneo, esto es según su calidad.

Una de las mejores minas conocidas es la de propiedad i trabajada por Towkay Leong Fee. Esta ha producido más de 3,600 toneladas largas durante el año. Se emplea un sistema de contrato con excelentes resultados. El establecimiento de fundición de esta mina es de un tipo simple primitivo, chino, en el cual el aire para la insuflación viene de una caja de madera de 5 a 6 ft. de largo, la que es accionada por un pistón de acción simple. Se obtienen resultados satisfactorios en calidad i costo. Una mina semejante es la de Lahat que produjo 548 toneladas largas en 1910, con ley de 74 % en estaño. La mina más famosa es la Tronoh, que en 1911 produjo 2,083 toneladas largas en 4 meses. Aquí se emplean unos 6,000 hombres.

Para la explotación hidráulica, a veces puede disponerse de fuerza natural i a veces puede llegarse hasta instalar una estación de fuerza. De las minas que trabajan con caída naturales de agua, la Tekka es la mejor conocida. El sistema comprende el uso de monitores i elevadores hidráulicos i concentración por medio de «riffles», ayudada por concentración a mano con aparatos semejante a las bateas. Hai 8 monitores en trabajo.

La Pengkalen es la mayor i más moderna de las minas hidráulicas que usan fuerza generada. La instalación consta de tres calderos tubulares de 40 HP. máquinas i generadores, bomba centrífuga eléctrica Worthington para los monitores, bombas para cascajos en lugar de elevadores hidráulicos i bombas para el drenaje. El costo de elevación i tratamiento es de \$ 0.315 por yarda cúbica. En la mina Tekka es de \$ 0.07 i en las a «cielo abierto» varía de \$ 0.34 a \$ 0.52 por yarda cúbica. En las minas hidráulicas el estéril se extrae juntamente con el karang.

Un 22½ % del estaño esportado está bajo la forma de blocks i proviene de las fundiciones locales chinas. Del resto de la esportación, que es en minerales un 80%, se funde en Singapur por la Straits Trading Co., i la Eastern Smelting Co. de Penang; estos fundidores también reciben una pequeña cantidad de mineral proveniente de Australia i África del Sur. Hai un derecho de esportación sobre estaño i minerales para castigar los embarques de mineral, quedan en cierto modo libre los hechos a Straits Settlements e Inglaterra. Los

fundidores compran los minerales correctamente i pagan por el estaño contenido, ménos una deducción de \$ 18 a \$ 20 por tonelada corta, pero pagan los gastos de carga que llegan a \$ 8.55 (U. E.) por tonelada corta.

IMPORTACION DE ESTAÑO I MINERALES DE ESTAÑO, EN ALEMANIA

(en toneladas métricas)

PAIS	Mineral de estaño				PAIS	Estaño metálico			
	1909	1910	1911	1912		1909	1910	1911	1912
Bolivia	13,099	15,925	15,227	13,296	India Alemanas	7,596	8,135	8,210	7,254
Chile.....	978	914	1,874	2,133	Australia.....	1,826	1,129	1,161	1,519
España.....	672	227	.....	.....	Straits Settlements...	671	471	249	494
Austria-Hungría .	190	48	.....	.....	Gran Bretaña....	1,390	1,302	1,524	1,644
Gran Bretaña....	324	34	320	102	Indias Inglesas...	1,058	1,105	1,266	1,387
Otros países.....	160	195	550	1,026	Otros países.....	996	2,155	2,140	3,252
Total.....	15,423	17,343	17,971	16,557	Total.....	13,537	14,297	14,500	15,550
Valor (1,000 M)	20,050	26,709	35,921	33,114	Valor (1,000 M)	36,414	43,773	55,282	59,244

Rusia.—Un grupo de capitalistas han hecho exploraciones en las hoyas del Sosnovice i Dombrowa, en Poland, para descubrir minerales.

Los minerales conocidos actualmente están cerca de Kogroufka, segun anuncia el *Echo des Mines*, mar. 25, 1912, donde los depósitos tienen hasta 1.25 metro de espesor. La explotación de estos minerales se hará en breve.

Un grupo de capitalistas alemanes de Berlin i Hamburgo, con la cooperación del banco Internacional de San Petersburgo, han formado una compañía para la explotación de las minas de estaño del distrito de Neichinsk de Transbaikalia, a 3.5 millas de Olovyanka, en el Transbaikai Ry, segun anuncia el *Mining Journal*, mayo 25, 1912. Se sabe desde 1811 que allí existen minerales. Recientes investigaciones ponen de manifiesto que las vetas son muy estensas i numerosas. En las vecindades de los placeres de Pervonachainy hai estratas arenosas con espesores de $\frac{2}{3}$ a $2\frac{1}{2}$ piés i que llevan minerales estaníferos. En este distrito tambien están los conocidos placeres de estaño de Kulemdinsky, Sharanaisky i Zavitinsky.

En la tabla que sigue, la importación de minerales de estaño es principalmente de proveniencia boliviana i de Sud-Africa. La cantidad metálica de estos minerales importados no es tomada de datos oficiales, sino de la *Metallgesellschaft* que estima en 13,386 toneladas largas para 1912.

IMPORTACION DE MINERALES DE ESTAÑO EN GRAN BRETAÑA

	1910		1911		1912	
	Toneladas largas	£	Toneladas largas	£	Toneladas largas	£
Sud América.....	19,982	1.362,134	21,489	1.738,059	21,085	1.869,847
Sud Africa inglesa.....	3,339	290,427	3,407	342,031	826	99,235
Otros paises.....	2,751	168,221	3,991	226,106	6,741	431,804
TOTAL.....	26,072	1.820,782	28,837	2.306,196	28,652	2.400,886

IMPORTACION DE ESTAÑO METÁLICO EN LA GRAN BRETAÑA

	1910		1911		1912	
	Toneladas largas	£	Toneladas largas	£	Toneladas largas	£
Straits Settlements.....						
Estados Malayos i Lebuan...	40,604	6.294,052	39,691	7.566,633	36,069	7.501,484
Australia.....	3,872	601,132	3,571	679,960	3,244	677,066
Otros paises.....	1,809	264,598	2,644	492,879	3,844	791,594
TOTAL.....	46,285	7.159,782	45,906	8.739,472	43,157	8.970,144

ABASTECIMIENTO DE ESTAÑO EN LA GRAN BRETAÑA

	1910	1911	1912
De minerales del pais (a).....	4,797	4,872	(e) 4,981
De minerales importados (b).....	12,850	13,632	13,386
De metal importado.....	46,285	45,906	43,157
Abastecimiento total.....	63,932	64,410	61,524
Esportado (c).....	31,539	34,025	32,733
Consumo (d).....	32,393	30,385	28,791

(a) Cantidad de estaño «obtenible» por fundicion; no se fija el aprovechamiento exacto. (b) Estimado por la Metallgesellschaft. (c) Solo de origen extranjero. (d) Sin considerar las fluctuaciones en stocks. (e) Parcialmente estimada.

MERCADO DEL ESTAÑO

Londres.—Enero vió un mercado activo pero con muchas fluctuaciones i grandes. El estaño de Straits fué escaso, se pagaba hasta £ 205 por tonelada por entrega inmediata; el estaño standard por entrega inmediata se pagaba a £ 192 i a tres meses plazo a £ 184. 10 s. El precio mas bajo para el standard se presentó en enero 12, a £ 184, pago inmediato i a £ 182 a tres meses. En la subasta periódica de Banca se vendieron 2,614 toneladas a £ 194.15 s. Los últimos precios fueron £ 194.15 s. pago inmediato i £ 192.2 s. 6 d. a tres meses.

A mediados de febrero se pagaron £ 198.10 s. por varias partidas pequeñas. La demanda de la industria fué grande i constante. Se cerró para el standard, pago inmediato, a £ 193 i £ 189.10 s. a tres meses.

La huelga inglesa de los mineros del carbon en marzo disminuyó mucho el consumo en el Reino Unido. Negocios de especulación se efectuaron en otros mercados i el precio para el standard bajó a £ 189.10 s., pago inmediato, i se pagaba £ 2 a £ 5.5 s. ménos segun el plazo de entrega. En la subasta de Banca en Amsterdam se vendieron 2,640 toneladas al precio relativamente alto de £ 201.5 s. Hacia el mismo mes, el standard de entrega inmediata se cotizó a £ 195 i a £ 191 a tres meses.

En abril los precios subieron continuamente, solo hubo descensos aislados ocasionados por especuladores; el 29 de abril el standard de pago inmediato llegó a £ 215 i £ 212 a tres meses; cerró el mes con £ 210 i 208.

A fines de mayo no pudo descargarse los vapores por la hueiga de los trabajadores de los dock de Londres i el abastecimiento tuvo que hacerse por algunos almacenes públicos i los comerciantes tuvieron dificultades para cumplir sus contratos. El resultado fué un aumento enorme por entrega inmediata £ 215 10 s. i en tanto que el precio a tres meses solo fué de £ 203 10 s. A esto siguió una baja rápida, en parte causada por la venta de Banca en Amsterdam, donde el precio medio era de £ 199 10 s. Grandes cargamentos del straits contribuyeron a la depresion i los precios finales fueron los mas bajos del mes. £ 200 por entrega inmediata i £ 195 a tres meses.

En junio por entrega inmediata fluctuó entre £ 200 i £ 208. Se cerró a £ 209 pago inmediato i £ 203 15 s. a tres meses.

En julio los precios bajaron a £ 195 10 s. pago inmediato i £ 194 a tres meses. En la subasta de Amsterdam, se vendieron 2,640 toneladas provenientes de Banca, a algunos postores vehementes al precio de £ 210 7 s. 6 d. En Londres se cerró con el precio de £ 205 5 s. pago inmediato i £ 603 a tres meses.

En agosto los precios bajaron a £ 202 5 s. al contado i £ 199 10 s. a tres meses. Se cerró con £ 218 5 s. al contado i £ 217 5 s. a tres meses.

En setiembre hubo una baja de £ 2 por tonelada. La demanda revivió i subida brusca aumenta por un pedido americano a destiempo. Cuando el precio llegó a £ 227 15 s. un conjunto organizado de negociantes hizo el ataque i llegó a obtener una baja temporal de £ 6, que no llegó sino a afectar pequeña cantidad. La subida recomenzó i no sufrió descenso hasta setiembre 26 en que se pagó £ 233 por entrega inmediata i £ 231 10 s. a tres meses. En Ams-

terdam se vendieron 2,640 toneladas de estaño de Banca al precio relativamente bajo de £ 364 12 s. 6 d. Se cerró al precio de £ 230 15 s. al contado i £ 229 5 s. a tres meses.

Una caída que tuvo al principio de £ 4 por tonelada, luego se recuperó por la demanda constante, especialmente de América, i el mercado estuvo desperejo hasta el 14 de octubre hasta que a causa del pánico causado en la Bolsa, el precio a tres meses bajó a £ 220. Las compras mejoraron i se tuvo £ 232 al contado i £ 230 15 s. a tres meses.

El mercado cerró al precio de £ 229 5 s. al contado i lo mismo a tres meses.

En noviembre la estadística favorable indujo a pagar £ 230 5 s. por entrega inmediata i £ 229 15 s. a tres meses, este fué el precio mas alto del mes. Con el alto precio los tenedores del este mostraran deseos de vender pero en los consumidores americanos se mostraron flojos para la compra; los negocios se retardaron por las continuas hostilidades del sur de Europa. El precio final del mes fué £ 225 15 s. al contado i £ 225 12 s. 6 d. a tres meses.

Diciembre se abrió con tendencia a la baja, pero una buena demanda la hizo cambiar i a mediados del mes los precios subieron. Durante el mes las prevenciones desaparecieron i los precios para las entregas a plazo fueron iguales o un poquito mas altos que las inmediatas. Esto continuó hasta fines del mes, época en que nuevamente apareció la prevencion. Se cerró con el precio mas alto del mes, £ 229 10 s. entrega inmediata i £ 229 a tres meses.

Nueva York.—La excelente posición en que por sí mismo se encuentra el estaño, estadísticamente hablando, se hizo mas pronunciada durante 1912. La producción que en los últimos años mui poco ha aumentado, difícilmente ha podido abastecer la demanda siempre creciente en todas partes del mundo. El aumento en el consumo se debe principalmente a los Estados Unidos, donde la industria de láminas de estaño ha sido especialmente próspera durante 1912. Estas condiciones favorables hacen fácil a los sindicatos europeos, que manejan el mercado del estaño en el mundo, manipular con él en la mejor dirección. El nuevo contrato para el estaño Standard se introdujo en la «London Metal Exchange» a principios de febrero de 1912. Según sus reglas, solo pueden entregarse otras proveniencias distintas a las de Straits, Málaga o Australia, que previamente constituían las únicas entregas fijas para contrarrestar las fluctuaciones, evitando así las violentas fluctuaciones pasadas a causa de valerse de la escasez.

El año se inició con un mercado débil, a causa de las dificultades financieras de una de las casas de Londres que negocian en metales e interesada en estaño. Se fijó en 42 cents. por libra el precio para el estaño en enero, en tanto que el estaño de entrega inmediata era excesivamente escaso i exigía un premio de 1½ cents. por libra. En estas condiciones los consumidores americanos compraron una buena cantidad de estaño, con lo que resultó que el mercado de Londres se afirmó i se mantuvo al rededor de 43 cents. por libra hasta principios de marzo. La huelga de los trabajadores de las dársenas estallada en marzo tendió a perturbar el mercado debido al temor de los pequeños productores, lo que hubiera afectado mui desfavorablemente la estadística. Esto influenció a los compradores americanos que previamente habían

comprado fuertes partidas, pero que despues se hicieron repugnantes al seguir comprando. El mercado descendió a 42 cents. hasta fines de mes. Despues se hizo nuevamente fuerte a causa de las grandes compras americanas, despues descendió el precio a 43 cents. i quedó mas o ménos lo mismo hasta a mediados de abril. Por este tiempo se hizo manifiesto que el consumo de estaño corria a parejas con la produccion; en consecuencia los, abastecimientos visibiles disminuyeron continuamente. El mercado se hizo estremadamente fuerte i mui rápidamente el precio llegó a 46 cents. por libra i así se mantuvo hasta a mediados de mayo. Grandes cargamentos del Este i que habian anunciado por cable influyeron desfavorablemente en el mercado i el precio bajó a 45 cents. A mediados de junio se tuvo que los grandes cargamentos del straits no podian descargarse inmediatamente a causa de la huelga en Lóndres i la existencia en plaza se habia reducido casi a nada. El material se hizo excesivamente escaso i se pagó hasta £ 10 por el material venidero. El mercado de Nueva York se influencia del mismo modo i el estaño en plaza se vendia con 3 cents. de recargo sobre el embarcado, el que despues se cotizó a 45½ cents. Las grandes cantidades de estaño llegadas, que venian de las Indias Orientales con rumbo directo a Nueva York, disminuyeron la escasez.

En julio el mercado fué débil a causa de la baja en Lóndres i se mantuvo entre 43½ i 43¾ cents. por libra, hasta fines del mes. Por este tiempo se supo que el estaño proveniente de Banca para 1913 era inferior en unas 1,800 toneladas comparado eon el que produjo en 1912. Este hecho, juntamente con la mayor demanda de los Estados Unidos, afectó duramente el mercado de Lóndres. Los precios subieron a 45½ cents. En agosto los precios fluctuaron poco, pero en jeneral fueron altos. Cuando a principios de setiembre se conoció la excelente estadística de agosto, el mercado se hizo fortisimo i rápidamente el precio llegó a 50 cents. a mediados de setiembre. Una reaccion de £ 5 que hubo en el mercado de Lóndres afectó el mercado de Nueva York en la misma cantidad i los precios bajaron a 48¾ por libra para las entregas en setiembre. Esta baja pronto se recuperó i a fines del mes nuevamente se vieron precios de 50 cents. por libra. Los compradores americanos se mostraron mui circunspectos para contratar avances para sus exijencias i solo se limitaron a llenar sus absolutas necesidades.

PRECIO MENSUAL MEDIO DEL ESTAÑO EN LONDRES (a)

(En libras esterlinas por toneladas de 2,240 libras)

AÑO	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio		
	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.
1900	118.	9.	11	137.	18.	4	142.	0.	0	137.	15.	0	135.	1.	8	139.	9.	3
1901	120.	9.	10	122.	6.	11	116.	15.	6	116.	3.	0	123.	13.	0	129.	16.	11
1902	105.	6.	5	114.	4.	9	115.	10.	6	125.	14.	2	134.	13.	10	129.	12.	10
1903	127.	12.	6	133.	8.	1	137.	0.	6	139.	19.	2	133.	12.	0	127.	11.	0
1904	130.	10.	4	125.	13.	6	126.	9.	8	127.	5.	1	125.	7.	2	119.	11.	1
1905	131.	5.	11	131.	3.	6	134.	17.	2	140.	11.	8	135.	11.	8	138.	3.	6
1906	164.	11.	10	166.	0.	10	166.	1.	2	176.	14.	5	192.	6.	4	178.	0.	7
1907	190.	4.	0	191.	18.	9	188.	17.	6	187.	1.	2	191.	1.	10	187.	10.	11
1908	128.	9.	0	128.	14.	1	137.	19.	8	143.	12.	10	135.	11.	6	127.	12.	2
1909	127.	7.	3	127.	15.	3	130.	6.	7	133.	8.	3	131.	16.	10	133.	4.	0
1910	148.	3.	6	149.	13.	0	147.	4.	11	149.	19.	3	150.	1.	8	148.	13.	1
1911	187.	17.	11	189.	12.	10	182.	12.	4	193.	0.	10	197.	15.	4	207.	7.	9
1912	191.	14.	0	195.	4.	10	192.	15.	0	200.	8.	3	209.	6.	1	205.	18.	9

AÑO	Julio			Agosto			Setiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre			Año		
	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.	£	s.	d.			
1900	142.	16.	10	140.	19.	1	132.	13.	9	130.	14.	3	127.	3.	8	119.	14.	9	133.	11.	6
1901	127.	19.	9	116.	1.	7	114.	10.	6	113.	1.	5	114.	0.	7	108.	17.	10	118.	12.	8
1902	127.	3.	2	126.	10.	0	121.	10.	7	117.	11.	3	115.	2.	3	115.	13.	5	120.	14.	5
1903	125.	1.	7	127.	16.	10	120.	9.	6	115.	17.	1	116.	13.	9	125.	15.	0	127.	6.	5
1904	119.	18.	6	122.	5.	9	126.	7.	7	130.	11.	6	133.	0.	5	133.	15.	6	126.	14.	8
1905	144.	6.	8	150.	5.	6	146.	11.	9	148.	3.	6	152.	5.	3	162.	14.	3	143.	1.	8
1906	170.	12.	5	180.	19.	11	184.	15.	3	195.	15.	11	195.	15.	10	195.	19.	9	180.	12.	11
1907	188.	0.	2	170.	5.	9	166.	6.	6	146.	7.	7	138.	8.	8	125.	10.	4	172.	12.	9
1908	131.	6.	10	134.	16.	2	131.	6.	8	133.	8.	8	137.	8.	3	132.	4.	7	133.	2.	6
1909	131.	19.	1	135.	18.	3	137.	14.	6	138.	13.	2	140.	0.	3	149.	2.	3	134.	15.	6
1910	149.	2.	1	155.	8.	2	160.	8.	7	164.	4.	9	166.	18.	0	173.	17.	3	155.	6.	2
1911	193.	2.	0	190.	9.	7	180.	16.	11	187.	2.	9	194.	19.	4	203.	7.	2	192.	7.3/4	
1912	202.	8.	3	208.	3.	0	223.	19.	6	228.	9.	1	227.	16.	10	226.	17.	8	209.	8.	5

(a) Informe de la Metallgesellschaft, Frankfurt.

PRECIO MENSUAL MEDIO EN NUEVA YORK POR LIBRA DE ESTAÑO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Nov.	Diciembre	Año
	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.	Cts.
1898	13.87	14.08	14.38	14.60	14.52	15.22	15.60	16.23	16.03	15.42	18.20	18.30	15.70
1899	22.48	24.20	23.82	24.98	25.76	25.85	29.63	31.53	32.74	31.99	28.51	25.88	25.12
1900	27.07	30.58	32.90	30.90	29.37	30.50	33.10	31.28	29.42	28.54	28.25	26.94	29.90
1901	26.51	26.68	26.03	25.93	27.12	28.60	27.85	26.78	25.31	26.62	26.67	24.36	26.74
1902	23.54	24.07	26.32	27.77	29.85	29.36	28.38	28.23	26.60	26.07	25.68	25.68	26.79
1903	28.23	29.43	30.15	29.81	29.51	28.34	27.68	28.29	26.77	25.92	25.42	27.41	28.09
1904	28.85	28.09	28.32	28.13	27.72	26.32	26.57	27.01	27.78	28.60	29.18	29.92	27.99
1905	29.325	29.262	29.523	30.525	30.049	30.329	31.760	32.866	32.095	32.481	33.443	35.835	31.358
1906	36.390	26.403	36.662	38.900	43.313	39.260	37.275	40.606	40.516	42.852	42.906	42.750	39.819
1907	41.548	42.102	41.313	40.938	43.149	42.120	41.091	37.667	36.689	32.620	30.833	27.925	38.166
1908	27.380	28.978	30.577	31.702	30.015	28.024	29.207	29.942	28.815	29.444	30.348	29.144	29.465
1909	28.060	28.290	28.727	29.445	29.325	29.322	29.125	29.966	30.293	30.475	30.859	32.913	29.725
1910	32.700	32.920	32.403	32.976	33.125	32.769	32.695	33.972	34.982	36.190	36.547	38.199	34.123
1911	41.225	41.614	40.157	42.185	43.115	44.606	42.400	43.319	39.755	41.185	43.125	44.655	42.281
1912	42.529	42.962	42.577	43.923	46.053	45.815	44.519	45.857	49.135	50.077	49.891	49.815	46.096

A mediados de octubre, cuando se iniciaron las hostilidades en Turquía i los Balkanes, el mercado del estaño en Lóndres sufrió por algunos dias, alcanzando una baja máxima de £ 7. Pero no solo se recuperó de esta baja sino que subió mas, de modo que en Nueva York se cotizó a 50 cents. por libra, a mediados de octubre. Permaneció con este precio, salvo pequeñas fluctuaciones, hasta fines de noviembre. Se dice que la guerra en el sur-este de Europa tuvo influencia en el consumo de estaño en Europa, en tanto que en América los negocios continuaron una marcha satisfactoria; por la razón ántes dicha los pedidos europeos disminuyeron bastante. Esto afectó mui poco al comercio i el precio a principios de diciembre fué 49 $\frac{1}{2}$ cents. por libra. El consumo en Norte América continuó en gran escala i las compras fueron en proporcion. Esta sostuvo el comercio, dándole una base fija con precios entre 50 cents. i 50 $\frac{3}{8}$ cents, por libra, en Nueva York a fines del año.



Progreso reciente en la aplicacion de la jeología al estudio de los depósitos minerales ⁽¹⁾

El rápido crecimiento de la literatura sobre jeología aplicada es la mejor prueba i tambien aunque indirectamente es prueba del aumento de las aplicaciones de la ciencia jeológica en las industrias americanas en jeneral i en particular a las minas. La Fig. 1 tomada del artículo del Sr. Brooks sobre jeología aplicada, muestra la proporcion de los artículos técnicos comparados con los puramente científicos o educativos, publicados por la «United States Geological Survey» i es una visualizacion efectiva de este crecimiento.

La «United States Geological Survey» ha sido estimulada en esta actividad creciente en las investigaciones, prácticas i teóricas, de la ciencia de los depósitos minerales, por el ejemplo de las grandes compañías mineras que han establecido «departamentos jeológicos» o «cuerpos jeológicos», que tienen por objeto levantar los planos del desarrollo de las minas i guiar en las investigaciones de minerales.

Si 15 años atras a uno de los jefes de las grandes minas del oeste se le hubiese ocurrido pedir un jeólogo para la compañía, probablemente lo hubieran recluido en el hospital de la compañía o enviado a la casa de Orates. Cinco años ha, la oficina del jeólogo se hubiera encontrado en un rincon del laboratorio de ensayos u en otra de una sala de descanso; ahora, a lo ménos en un caso, sucede lo contrario.

La aplicacion de la jeología a las minas es tan vasta como la ciencia jeológica i tan variada como la actividad minera.

La idea predominante que la función del jeólogo es solamente de dar teorías sobre el jénesis de los minerales o talvez resolver un problema sobre fallas, revela carencia en la apreciacion de las posibilidades de las aplicaciones

(1) Traducido de *The Mineral Industry*, 1912, donde pueden consultarse las figuras originales.

jeológicas a una gran parte de problemas de ingeniería que pueden también presentarse para su resolución al minero.

¿Hai un camino que construir? Las cuestiones que es necesario averiguar no solo son la pendiente i el cubo de escavacion, porque si el corte es profundo i cruza varias formaciones a distintas honduras, la cuestion de estructura jeológica se hace tan importante como la de pendiente. La mayor parte de los malos cortes de ferrocarriles i túneles de oeste que he examinado, se pudieron mejorar si las compañías se hubieran servido de un jeólogo experimentado. Si un camino ha de ser duradero, no solo debe dársele la pendiente apropiada i protegerla de las erosiones, sino que también debe tener una buena fundacion i enrielladura i el jeólogo está en condiciones de poder elegir la mejor combinacion de los materiales disponibles para obtener esto último.

¿Se va a construir un dique? Entónces el ingeniero civil elejirá lo que a él le parece el sitio mas favorable, sitio que sondeará para su reconocimiento. Aquí el jeólogo lo puede ayudar eficazmente indicándole si hai ciertas debilidades estructurales en la roca de fundacion (tales como fallas, estratificaciones o esquistosidades pasajeras a la corriente del canal) i así reduciria al mínimo el número de sondajes necesarios.

¿Se va a construir un recipiente? ¿Un número sorprendente de casos me han llamado la atencion, en que se ha puesto gran cuidado i habilidad de ingeniería en la construccion, en tanto que la atencion prestada a la roca que sirve de fundacion a esta construccion, ha sido nula. En cierta ocasion se construyó un recipiente en la cima de un cerro formado de pizarras mui pendientes i cuando el agua se introdujo al recipiente, la pizarra resbaló llevándose parte de la construccion.

Mapas detallados de la estructura de la roca en profundidad, puede ser de valor no tan solo para descubrir o conocer la estructura del depósito mineral, sino también para determinar las líneas de rocas débiles, las fallas que llevan agua, etc.; las que deben evitarse al perforar piques i galerías, cortes para estaciones o canchas o piques de estraccion, etc. En resúmen, una compañía no debe privarse de la valiosa ayuda que puede prestarle su jeólogo, limitándole su trabajo al estudio de la estructura del depósito mineral.

Antes de entrar a una discusion de la aplicacion de los métodos de «jeología aplicada» para efectuar investigaciones en los depósitos minerales, debemos tratar que no se abuse de la idea dominante que la funcion principal del jeólogo es dar opiniones teóricas sobre el jénesis de los minerales. Por lo demas, es cierto que debemos sacar deducciones de nuestras observaciones i despues sentar teorías; hasta cierto punto, las conclusiones que son de valor práctico directo son aquellas que representan los resultados de un exámen científico del depósito que se estudia, porque mui poca ayuda i guia son para el minero en el desarrollo de su yacimiento, las discusiones hipotéticas sobre las fuentes magnéticas o meteóricas de las soluciones que pudieron armar el mineral. El exámen científico jeneralmente incluye un estudio en el terreno mismo de la rejion en que están ubicadas las minas, estudio que se hace a fin de localizar las fracturas que han afectado la acumulacion del mineral; el estudio de la topografía actual i la reconstruccion de la pasada a fin de determinar como los procesos secundarios, tal como la oxidacion, precipitacion secundaria de los

sulfuros, etc., han ejercido su acción en la distribución del primer contenido metálico del mineral; obtener datos detallados de las vecindades del depósito mineral, tanto superficial como interiormente, de cada falla, fractura, clivaje, cambio de color, cambio de formación, alteración de la roca i mineral i un estudio crítico del mapa o plano completo con el objeto de determinar qué estructura predomina en la formación del mineral. Un estudio de laboratorio detallado sobre la mineralogía de los minerales, las alteraciones de la roca i el carácter del mineral; es decir, para ver cuándo se presenta como una grieta rellena, reemplazo en la roca encajante o diseminado en ella. El modo de depositarse el mineral es un proceso complejo. Las fracturas pueden formarse i volverse a abrir varias veces i el mineral con valor puede introducirse en ellas solo en uno de los períodos de mineralización. Sin tomar en cuenta las consideraciones teóricas, la determinación de la fractura del material de la vena i su relleno con cierto grupo de minerales que le han dado su principal valor, ha servido en muchos casos como criterio importante para juzgar el valor de un depósito mineral.

El primer paso que se da al efectuar un exámen detallado, siguiendo las líneas indicadas, es hacer un levantamiento topográfico. Con este objeto se usa la plancheta que tiene ventajas sobre todos los otros instrumentos i los métodos desarrollados por la «United States Geological Survey» sirven de base para la práctica americana (1). Sin embargo, cada operador adapta o desarrolla ciertas abreviaciones a los métodos aplicables a las condiciones en que ejecuta su trabajo i por tanto no es fácil indicar exactamente cuáles son los progresos alcanzados en los últimos años.

Toda propiedad minera i puede agregar todo reconocimiento minero decente, debiera tener establecido permanentemente un sistema de triangulación exacto i que serviría como base, primero para el levantamiento topográfico i despues para el plano jeológico. Los usos de un plano topográfico minero los ha discutido el Sr. Blackburn (2). Es de especial valor el disponer de un levantamiento del terreno en que se va a depositar un desmonte, porque así se puede estimar su tonelaje cuando se desee.

El mapa o plano jeológico superficial i en detalle se hace con una plancheta, aunque haya pequeño campo abierto. Con esto, nuevamente los jeólogos de la «mensura nacional» han desarrollado los métodos con refinamientos agregados por los jeólogos mineros i consultores que trabajan con mas detalles que los de la mensura del Estado. Los métodos a que se hace referencia incluyen el fijar, con ausilio del instrumento, puntos en los afloramientos por varios métodos, sistemas para anotar los datos, métodos gráficos para la construcción de secciones jeológicas i resolución de los problemas sobre fallas i construcción i modo de anotar la estructura jeológica en los planos mineros. En los últimos años se han publicado numerosos artículos que tratan las distintas

(1) Gannet, Henry.—«Manuel of Topographic methods» monographia XXII i Betelin 307 U. S. Geol. Surv.

Torrel J. H.—«Topographic Mine Mappings» Eng. and Min. Journ. Vol. XCI, 1911 pp. 618-622 i «Practical Field Geology», chapters I, II i III.

(2) Blackburn, W. D.—«Topographic Engineering» Eng. and Min. Journ., Vol. LXXXVII, p. 997, 1909.

fases de esta cuestion, se han publicado tratados sobre la resolucion de los problemas de las fallas, textos que tratan en jeneral los levantamientos jeolójicos en las prospecciones o cateos mineros, i excelentes discusiones sobre los métodos de construccion de mapas jeolójicos en distintas condiciones respecto a terrenos, i trabajos en detalle, que ahora aparecen en la «Economic Geology». Los mas importantes de estos son los que se indican.

- «Discussion of methods of Geological Mapping» Econ. Geol., Vol. VII, pp. 502-506, 778-783; vol. VIII, pp. 67-96, 171-188, 264-297.
 Farrel and Moses. «Practical Field Geology» (texto).
 Hayes, C. W. «Handbook for Field Geologists» (texto).
 Hoskins, A. J. «Topographical and Geological Mapping», Mines and Minerals, Vol. XXXII, pp. 312-314, 1911.
 Kemp. J. F. «Geological Book-keeping». Bul. Geol. Soc. Amer. XVI, 411-418, 1905.
 Ransome, F. L. «Plane table in Detailed Geological Mapping». Econ. Geol. Vol. pp. 103-119.
 Talman, C. F. «Grafical solution of Problems in Faulting». (texto).
 Wegermann, C. H. «Plane Table method as Adopted to Geological Mapping». Econ. Geol. Vol. VII, pp. 621-637.

Como puede desprenderse de lo espuesto, la ventaja principal de la aplicacion de la jeolojía al estudio de los depósitos minerales consiste en la construccion de planos i secciones jeolójicas, i no hacer suposiciones ni formar opinion sino despues que dichos planos están totalmente acabados i así la interpretacion de todos los fenómenos observados durante la escavacion se presenta clara cuando se aprecia el conjunto. Recuerdo haber oido hablar a mineros, de un operador de tiempos pasados famosos, de quien se decia que era de una memoria prodijiosa, que sabia todo lo que habia ocurrido en cada galería que mentalmente podia hacer la descripcion de cada uno de los sondajes que habia ejecutado. El trabajo de un cuerpo jeolójico mostró que no puede tener en la mente todo lo ejecutado i que la mayor parte de sus exploraciones fueron mal dirigidas. La estension de este artículo no permite hacer la interpretacion de todos los datos que pueden recojerse en un exámen como el indicado i solo se dará una breve reseña de los problemas que pueden presentarse.

Las fallas son comunes i a menudo constituyen sérias dificultades que se presentan en las minas. Los esfuerzos para determinar la distancia que esta dislocacion ha causado en el depósito mineral, puede hacerlo el minero sirviéndose de las reglas de Schmidt o Vreclaud u otro cualquiera, pero hoi que se supone que todo hombre que trabaja minas posee los rudimentos de la jeolojía, debe valerse de otros métodos que comprendan la interpretacion de los datos disponibles i su valorizacion sirviéndose de la jeometría descriptiva.

Fácilmente se aprecia la importancia fundamental de la construccion de planos jeolójicos cuando por una razon cualquiera se encuentra que el depósito está localizado en cierto horizonte jeolójico o estrata. Cuando el mineral se ha localizado mas léjos, en la interseccion de estratas con un sistema regular de fallas o fracturas, el mapa del depósito mineral se nos presenta como un

patron distintivo i regular; i por él puede seguirse un sistema racional de exploracion. Cuando el depósito mineral muestra tendencia para formarse a lo largo de un sistema de fallas que tienen una corrida comun o a lo largo de ciertos diques, su localizacion puede ayudarse por exploraciones que se interpretarán en un plano, aunque solo parte de las grietas o diques pueden estar acompañadas de mineral o tambien solo parte del cuerpo mineral puede estar a lo largo de los diques. Casos mas interesantes se presentan cuando se encuentran tres sistemas de fallas i que cada una tiene su corrida propia, una mas vieja que el mineral i por consiguiente no disloca las venas i mas bien ayuda a la formacion de los macizos de mineral i bonanzas, concentrando las soluciones de mineral a lo largo de sus intersecciones con las venas; un sistema intermediario en edad, en el cual los macizos minerales formaban el sistema mas nuevo causándose así dislocaciones de los macizos.

El detalle de la estructura de las venas se pasa a planos i se estudia con el mismo cuidado que el de la estructura jeológica. Si se encuentra en presencia de un depósito del tipo de sustitucion, i el jeólogo conoce lo incierto i caprichoso que comunmente son estos depósitos, i se agrega un interes mas para la investigacion en la determinacion de la estructura a menudo insignificante i difícil de conocer, que puede guiar al minero de un depósito a otro.

La estructura i localizacion del contenido de valor en una vena quebrada compleja, a menudo se conoce mejor por un ensayo de plano jeológico. En la Fig. 4 se hace evidente que el contenido en oro está localizado en la limonita i todas las observaciones relacionadas con la estension i origen de este material oxidado tiene interes inmediato.

El exámen de algunos depósitos de oro en el Canadá, ha mostrado que la ganga cuarcífera es de dos clases, formada en períodos completamente distintos.

El mas antiguo es un cuarzo denso macizo i sin valor. El cuarzo quebrado está rajado i cruzado de venillas cuarcíferas que llevan oro. Siempre que un criterio de esta clase sea aplicable a una cierta rejion mineralizada, puede emplearse efectivamente para determinar qué venas del distrito son las que mas prometen.

La aplicacion de las teorías jeológicas.—Ciertas teorías jeológicas relacionadas con el modo de formacion de los minerales son tan bien fundadas que se les puede considerar como establecidas, en tanto que otras caen en el dominio de meras especulaciones. La correcta aplicacion de las primeras, sin embargo, exige esperiencia i haber acumulado datos exactos. Ciertos grupos de gangas i minerales se sabe continúan hasta grandes profundidades bajo condiciones favorables, sin sufrir cambios, en tanto que otros grupos indican con certeza que cambian de valaderas a combinaciones sin valor en profundidades relativamente pequeñas. Investigaciones cuidadosas de la mineralojía i parojénesis de los minerales nos llevan a usar no solo el microscopio petrográfico corriente sino tambien el microscopio metodográfico (1), i el número de con-

(1) Bastur, E. S.—«Metasomatism in Downward Sulphide Enrichment», Econ. Geol. Vol. VIII, pp. 51-64, 1913.

Campbell, Wm.—«The microscopic Examination of Opaque Minerals», Econ. Geol. Vol. I, pp. 751-763.

tribuciones científicas e importantes a este respecto va en progresivo aumento.

Entre las teorías establecidas, la del «enriquecimiento secundario de los sulfuros, directamente se relaciona con depósitos importantes de cobre, plata i oro, pero aunque la teoría puede aparecer simple, su aplicacion cuidadosa nos puede llevar a variadas formas de investigaciones jeológicas, en tanto que aplicaciones ligeras de esta teoría a menudo da lugar a conclusiones falsas.

Citando una reciente contribucion (1): «Desde que este enriquecimiento es causado por la accion química del agua, que escurriéndose desde la superficie a traves de la roca fracturada a porosa o que se concentra en fracturas mayores, el jeólogo deberia investigar el carácter i estructura de la roca que él supone haya sufrido dicho proceso. Un pórfido o esquista descompuesto permite se efectúe gran circulacion, la que penetra toda la masa de rocas, i si la disolucion descendente contiene cobre i hai un precipitante por debajo del nivel de las aguas, podemos confidencialmente esperar una estension mas o ménos horizontal de mineral de cobre diseminado, cuya superficie superior jeneralmente estará al nivel de las aguas subterráneas. Grandes fracturas en una roca ménos permeable darán, mas bien, lugar a la formacion de filones que de blankets, la resistencia de la fractura i la fuerza de las aguas descendentes determinarán la profundidad a que se estienden estos depósitos»...

«La topografía muestra la percolacion de las aguas i la cantidad de rocas sometidas a lejiviacion por encima del nivel de las aguas, i por lo tanto el investigador debe estudiar no solo la relacion de la topografía actual con el drenaje del sub-suelo, sino tambien reconstruir la topografía del pasado, i determinar en qué caso la rapidez de la erosion i del lejiviaje han podido formar un gran espesor de roca que contenga cobre.

«El proceso incluye la oxidacion i solucion de los sulfuros que estaban encima del nivel de las aguas como tambien su precipitacion por debajo de dicho nivel, i por lo tanto es necesario examinar las manchas, etc., de la roca superficial a fin de determinar si tales manchas son o no vestijios de sulfuros metálicos o cuando son los residuos de silicatos que contenian fierro tales como la biotita, hornablenda, etc., cuya lejiviacion no daria lugar a un enriquecimiento en cobre».

En jeneral, trabajos jeológicos, topográficos i microscópicos están comprendidos en tales investigaciones.

Está establecido que muchos i variados depósitos metálicos se han desarrollado en la «aureola metálica» al rededor i dentro de ciertos agregados, especialmente de carácter granítico i aunque ayudado por investigaciones jeológicas, son difícil de *sumariarlos*. Anoto aquí solamente la sujestion que una

Finlayson, A. M.—«The Pyritic Deposits of Huelva, Spain», paragraph on microstructure. Econ. Geol. Vol. V, pp. 416-420.

Laney, F. B.—«The Relation of Bornite and Chalcocite in the Copper Ores of Virgilina District». Econ. Geol., Vol. VI, pp. 399-412, 1911.

Singewold, J. T.—«The Microstructure of Titaniferous Magnetite». Econ. Geol. Vol. VIII, pp. 207-216.

(1) Tolman, C. F.—«Secondary Sulphide Enrichment of Ores», Min. and Sci. Press, San 9, 18 and 25, 1913.

vena de cuarzo i que lleva metal i que está localizado en una masa granítica, probablemente solo será un pequeño depósito lenticular de mineral, en tanto que unos pocos depósitos favorecidos que están en o cerca del techo de la batolita pueden llegar hasta gran profundidad.

Esto nos lleva a la siguiente cuestion: ¿Hasta qué profundidad llegará una veta? Esta interrogacion ha dado lugar a muchas discusiones, algunas de ellas al ménos, han sido de poco valor. Despues que se han investigado todos los detalles de estructura de depósito i estudiado su significado i se ha llegado a determinar el tipo del depósito, i se ha prestado atencion al estudio mineralójico de los minerales para determinar si se formaron en profundidad o en condiciones superficiales, entónces se puede investigar el espesor de la roca que ha sido removida por la erosion a fin de saber, si es posible, que lo que se estudia es la raiz de una veta o una vena que ha perdido mui poco por la erosion.

Cada exámen de mina es una investigacion orijinal i los problemas particulares que se presentan pueden incluir uno cualquiera de los numerosos métodos de investigaciones jeológicas o dar lugar al desarrollo de nuevos métodos. Por esta razon este artículo es mas bien sugestivo que un resúmen de los métodos actuales.

C. F. TALMAN.



Los abonos fosfatados i los yacimientos de apatita de Freirina

En agosto de 1913, el Ministerio de Industria i Obras Públicas me encargó el estudio de los yacimientos de fosfatos que se encuentran en el fundo del señor Alfredo Nebel, en el departamento de Freirina. Una visita a las minas me demostró que el yacimiento consta de varias vetas de apatita. A pesar de que los trabajos de reconocimiento no habian adelantado mucho, el yacimiento me parece explotable como lo demostraré en este informe. A causa de la importancia de estos abonos para la agricultura nacional he dedicado una gran parte de este trabajo a la descripcion de los suelos del pais i a la industria de los abonos fosfatados.—Cumpro aquí con el deber de espresar al señor Dr. J. Felsch mis agradecimientos por la ayuda que me ha prestado con la determinacion de varias muestras de rocas eruptivas.

Las investigaciones jeológicas hechas en este viaje y una descripcion de los yacimientos de fierro se encuentran en otro informe entregado junto con éste.

LISTA DEL CONTENIDO

- 1.) La importancia de los abonos fosfatados para los suelos de Chile.
- 2.) Fosfatos i Superfosfatos.

- 3.) La producción mundial de fosfatos.
- 4.) Los yacimientos de fosfatos.
 - a.) Los fosfatos de origen sedimentario.
 - b.) Los fosfatos de origen magmático.
- 5.) Los yacimientos de apatita de Freirina.

1.) *La importancia de los abonos fosfatados para los suelos de Chile*

Los abonos sirven para restituir al suelo cultivado las sustancias extraídas por las cosechas i evitar el empobrecimiento del suelo. La cantidad de los principales abonos extraídos por una sola cosecha, se puede ver en las cifras siguientes que he tomado de *C. Brugués i Escuder*. «Elementos de Química Agrícola, pág. 133. Una cosecha media de cereales contiene por hectárea 60 kgs. de nitrato, 30 kgs. de ácido fosfórico, 50 kgs. de potasa i 15 kgs. de cal; mientras una cosecha de alfalfa contiene 250 kgs. de nitrógeno, 60 kgs. de ácido fosfórico, 150 kgs. de potasa i 250 kgs. de cal.

No necesito hablar aquí de la importancia de los nitratos que ya es conocido en el mundo entero, gracias a la activa propaganda salitrera que Chile hace en el extranjero. La potasa que proviene casi exclusivamente de los yacimientos inmensos de Alemania, tampoco nos interesa en este tratado. Hablaremos solo del ácido fosfórico y de la cal.

Para saber las cantidades de abonos que debemos dar al suelo, no podemos referirnos solo a las sustancias extraídas por la cosecha, sino que debemos ante todo tomar en cuenta la constitución química del suelo mismo.

Una reseña agronómica referente a los suelos de Chile la encontramos en el II. Tomo de la importante obra del señor *Dr. Karl Kaerger*: *Landwirtschaft und Kolonisation im Spanischen Amerika*, (Leipzig, 1901). Escribe este sabio en la pág. 45: «Los suelos (en Chile formados por la descomposición de las rocas cristalinas i sedimentarias) en su mayor parte son pobres en ácido fosfórico; además son pobres en cal, especialmente en el sur; les falta también la potasa, pero contiene casi siempre bastante nitrato».

Fundándose en 300 análisis de todas partes del país, hechas por encargo del Gobierno, dice Kaerger: «En la provincia de Santiago los suelos del valle Lonjitudinal contienen:

Cal.....	2- 4%
Nitrato.....	0.1-0.2%
Acido fosfórico.....	0.01-0.1 rara vez a 0.2%

En Melipilla baja a 0.2 a 1.3 el contenido en cal que excepcionalmente ha alcanzado 8.6 i 18.35%; la cantidad de nitrato queda la misma i el ácido fosfórico sube a 0.05 a 0.16. Mas hacia el sur baja la cantidad de cal. En el centro de Chile con escepción del Departamento de Caupolicán, el mínimo de la cal casi siempre es menor de 1 % i el máximo rara vez alcanza hasta el 4%. Una cantidad de 1-2% es normal. En Concepción i en la Frontera un contenido de menos de 1% es frecuente i mui a menudo el porcentaje baja a unos pocos centésimos de cal. En Angol se encuentran suelos de 3-4% de

cal. Mas al sur, el máximo es solo 0.3% i hai suelos que apenas tienen vestijios de cal. La mayor parte de los análisis muestran solo cantidades de 0.15-0.25%.

Resumiendo en breve las observaciones de Kaerger, podemos decir que a los suelos de Chile les falta sobre todo la cal i el ácido fosfórico. Abonos que contienen estas dos sustancias merecen la preferencia en la agricultura nacional. En vista de esto, los yacimientos de apatita de Freirina, que consisten en fosfato tricálcico, serán de la mayor importancia, porque contienen a la vez estas dos sustancias fundamentales, la cal i el ácido fosfórico.

El cuadro siguiente que agradezco a la amabilidad del señor Roberto Opazo, Agrónomo Rejional de la III Zona, Santiago, nos muestra el consumo de fosfatos en el país.

En los años de

	1905	1907	1909	1910	1911
Guano Chipana.....		28,745	33,249	68,970	Sacos de 100 kgs. 79,230 * *
Id. Punta de Lobos.....		58,086	63,681	60,820	60,040 * *
Guanos varios.....	19,510	7,698	12,400	6,500	10,000 * *
Escorias Thomas.....	1,000	1,500	2,500	6,300	10,200 * *
Superfosfatos.....	1,000	2,400	3,000	2,200	2,300 * *
Huesos molidos.....	15,750	20,280	23,245	27,108	29,824 * *
TOTALES.....	37,260	116,709	144,575	171,898	191,594 * *

El consumo del año 1911 era segun la lista anterior 191,594 sacos de 100 kgs. o 19,000 tons. Segun el mismo autor la explotacion de las covaderas nacionales ascendia en 1912 a 20,000 tons.; pero los demas abonos no han seguido el fuerte aumento de la explotacion nacional. █

En vista de la gran importancia que tiene la agricultura para el país i considerando el aumento de la produccion en 1912, debemos esperar que el consumo de abonos fosfatados vaya aumentando mas i mas en el futuro. Hai que temer que los yacimientos de guanos nacionales se agoten en un tiempo no muy lejano i entonces será de suma importancia una nueva fuente para este abono tan indispensable.

2.) Fosfatos i superfosfatos

Antes de entrar en la descripcion jeológica de los yacimientos de fosfato, debemos discutir la forma en que se pueden aplicar los minerales fosfáticos, si

basta usarlos solamente molidos o si es preciso cambiarlos en superfosfatos. Es esta una cuestion en la cual los sabios no están de acuerdo todavía, pero que es de importancia para la explotacion de los fosfatos de Freirina.

La constitucion química de la apatita es de $3 \text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2 + \text{Ca Cl}_2$ o $+ \text{Ca Fl}_2$. La parte principal es la molécula que contiene el ácido fosfático; la llamamos fosfato tricálcico porque la molécula contiene tres átomos de calcio. Esta sal no es soluble en agua.

Cuando comenzaron las investigaciones científicas de la química agrícola se creía principalmente basándose en la autoridad de Liebig, que las plantas podian asimilar solo las sustancias solubles en agua, de modo que era preciso cambiar el fosfato tricálcico en superfosfato que corresponde a esta exigencia. El superfosfato tiene la constitucion $\text{Ca H}_4 (\text{PO}_4)_2$; dos átomos de Ca están sustituidos por cuatro átomos de H, lo que se consigue por un tratamiento del fosfato tricálcico con ácido sulfúrico.

Pero investigaciones posteriores han demostrado claramente que las plantas pueden asimilar mui bien sustancias insolubles en agua. Sabemos hoi que los rizomas de las raices vegetales segregan, fuera del ácido carbónico espirado, otras sustancias ácidas que disuelven los minerales del suelo. Para demostrar el cambio que existe entre las antiguas opiniones i las modernas acerca de la solubilidad de los abonos, quiero mencionar solo que el valor comercial de las fonolitas molidas que contiene leucita, un mineral de potasa, se fija segun la cantidad de potasa soluble en ácido clorhídico diluido.

Hai tambien otro punto de vista bajo el cual se disminuye la importancia atribuida a los superfosfatos. Los superfosfatos mezclados con el suelo entran en combinaciones químicas con la cal de la tierra i se trasforman en fosfato bicálcico que contiene dos átomos de calcio i no es soluble en agua. Tambien con el fierro i con el aluminio, que siempre son abundantes en los suelos, forman combinaciones insolubles en agua. Por esto no hai gran diferencia entre la aplicacion de fosfatos molidos i superfosfatos; solo estos tienen un efecto un poco mas rápido. La distribucion perfecta en el suelo que se alcanza por éstas nuevas combinaciones de los superfosfatos, tambien puede conseguirse por el uso de un fosfato mui bien molido.

De suma importancia es que el polvo de fosfato sea mui fino, porque mientras mas fino es, mas notable es su accion sobre los vegetales.

Todas estas razones inducen a Mr. Grandeau a la opinion del que el fosfato tricálcico en polvo fino es la fuente mas económica de ácido fosfórico para el agricultor i se impone la necesidad de sustituir los fosfatos brutos en polvo fino en vez de los superfosfatos infinitamente mas caros (segun A. Maylin: Abonos industriales).

3.) *La produccion mundial de fosfatos*

Los minerales de fosfato, especialmente la apatita, son mui comunes en todas las rocas de oríjen ígneo, pero rara vez se encuentran en tal abundancia que puedan explotarse. Tambien en muchos sedimentos hai minerales de fosfato, i éstos forman los principales yacimientos de este abono.

En «The Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trade during 1911», encontramos las cifras siguientes, que representan la producción mundial en el año 1910.

Estados Unidos.....	2.681,938	toneladas métricas	
Túnez.....	1.223,512	»	»
Francia.....	333,506	»	»
Arjelia.....	319,069	»	»
Islas del Pacífico i Nauru.....	310,625	»	»
Bélgica.....	202,880	»	»
Christmas Island.....	137,700	»	»
Rusia.....	24,867	»	»
España.....	2,840	»	»
Noruega (1908).....	1,771	»	»
Canadá.....	1,341	»	»

De las inmensas cantidades de los yacimientos en los Estados Unidos nos dan una idea los números siguientes: Van Horn «Advance Chapter from Mineral Resources of the U. S. U. S. Geol. Surv. 1912 p. 14 ss» calcula la existencia de fosfatos explotables de mas de 70 % de fosfato tricálcico en 2,500.000,000 de toneladas solo en los estados occidentales.

En el «Handbuch der Regionalen Geologie» editado por Steinmann i Wilckens, encontramos en el tomo que trata de la jeología de los Estados Unidos la descripción siguiente de E. Blackwelder: En Idaho los yacimientos de fosfatos consisten en fosforita negra que forman capas con espesor de 1 a 3 metros; algunas de estas capas se extienden por muchas millas cuadradas. Podemos asegurar que en esta provincia existen mucho mas de diez mil millones de toneladas de rocas fosfáticas con mas de 70 % de fosfato tricálcico.

4.) *Los yacimientos de fosfatos*

Como ya se ha dicho en el capítulo anterior, podemos distinguir dos diferentes clases de yacimientos de fosfatos: fosfatos de origen magmático i los de origen sedimentario. No cabe duda de que tambien el fosfato de los sedimentos ha provenido de la primera clase.

Hablaremos primero de los yacimientos sedimentarios i en seguida de los de origen magmático.

a). *Los fosfatos de origen sedimentario*

Los fosfatos sedimentarios se hallan en arcillas, areniscas i cales. La cantidad de fosfato tricálcico contenido en yacimientos de esta clase varía entre 83 % (islas del Pacífico) i 58 a 60 % en la Arjelia i Túnez.

A menudo los fosfatos sedimentarios forman bolones irregulares diseminados en la capa sedimentaria; estos bolones se han formado por concentración del ácido fosfórico al rededor de sustancias orgánicas como por ejemplo fósiles. Por infiltraciones de soluciones de ácido fosfórico se pueden disolver

las cales i el fosfato tricálcico reemplazará a la cal; de este modo se forman yacimientos de fosfatos parecidos a cales.

Aquí debemos mencionar tambien los yacimientos de guano, que se han formado de grandes depósitos de excrementos i cadáveres de animales. La mayor parte proviene de pájaros del mar, pero tambien las focas pueden contribuir a la formacion de estos yacimientos. Para la formacion del guano se necesita un clima mui seco, porque las lluvias vendrian a destruir mui pronto los sedimentos orgánicos.

El cuadro siguiente, tomado de *O. Stutzer*, «Ueber Phosphatlagerstätten, Zeitschrift für praktische Geologie», 1911, p. 81, nos muestra la composicion química de diferentes guanos i los cambios que sufren con el tiempo, i que pueden trasformar los guanos en fosfatos. Todos estos yacimientos tienen suelo de cal i pueden llamarse segun la cantidad del nitrógeno «guanos fosfatados» o «fosfatos de guano».

Lugar de procedencia:	Guano del Perú		Guano fosfatado	Fosfato
	Nuevo Ballestas	Antiguo Tortugas	Arbrohles	Nauru
1. Humedad (perdida a 100° C.)....	17.11	12.50	6.30	3.74
2. Sustancia orgánica, sales de amoníaco i «agua de cristal».....	37.56	13.35	9.10	2.30
3. Acido fosfórico.....	11.60	28.24	30.65	37.35
4. Cal	10.26	25.03	41.21	49.72
5. Sales de álcali, Magnesia, etc.....	9.31	18.53	8.89	6.30
6. Sustancia silicosa.....	14.16	2.35	3.85	0.59
2. Contiene nitrógeno.....	9.63	2.35	0.47	—
3. Correspondiente a fosfato tricálcico.	25.32	61.62	66.91	81.61

Este cuadro muestra mui claro como pasan los guanos paulatinamente a los fosfatos perdiendo el nitrógeno i enriqueciendo en cal i ácido fosfórico.

A esta clase de fosfatos sedimentarios pertenecen casi todos los yacimientos principales del mundo.

b.) Los fosfatos de orijen magmático

A esta clase pertenecen todos los yacimientos que tienen la forma de vetas de apatita. No obstante, el hecho de que todos los fosfatos del mundo han provenido primitivamente de las apatitas, éstas nunca han alcanzado una importancia tan grande como los fosfatos de orijen sedimentario. Sin embargo, las vetas de apatitas han producido cantidades considerables de fosfatos: segun J. H. L. Vogt (1) la mina de Odegarden en Noruega ha producido en los

(1). J. H. L. Vogt Zur Classification del Erzvorkommen. Zeitschrift für praktische Geologie.—1895 p. 450.

años 1872 a 1894 unas 110,000 toneladas que representa un valor de doce millones de marcos; la explotación sigue todavía con una producción³ de 1,771 toneladas en el año de 1908. Canadá ha producido en los años de 1882 a 1892 unos 20,000 Engl. tons. al año, lo que corresponde mas o ménos al consumo anual de Chile.

Las vetas de apatita de Noruega tienen una conexión muy íntima con los gabros vecinos. Según *O. Stutzer* la apatita ha entrado en grietas, como lo hace una masa eruptiva. Son muy parecidas a los diques de pegmatita que contienen casi los mismos minerales. La apatita está acompañada de mica, de magnesia, enstatita, aujita, anfíbola, varias clases de feldespatos, titanita, etc. La anfíbola tiene a veces una estructura esferolítica. Las vetas constan de 2 zonas, cerca de la salbanda se encuentra una capa de mica con posición vertical a la salbanda que encierra la apatita que forma la parte interior de la veta. En el centro de la veta la apatita consiste en granos gruesos, al lado de los cuales forma una masa de grano fino. La mayor parte de estos caracteres volveremos a encontrarlos en los yacimientos de Freirina. Mencionaremos además que en Noruega el mineral es una apatita de cloro.

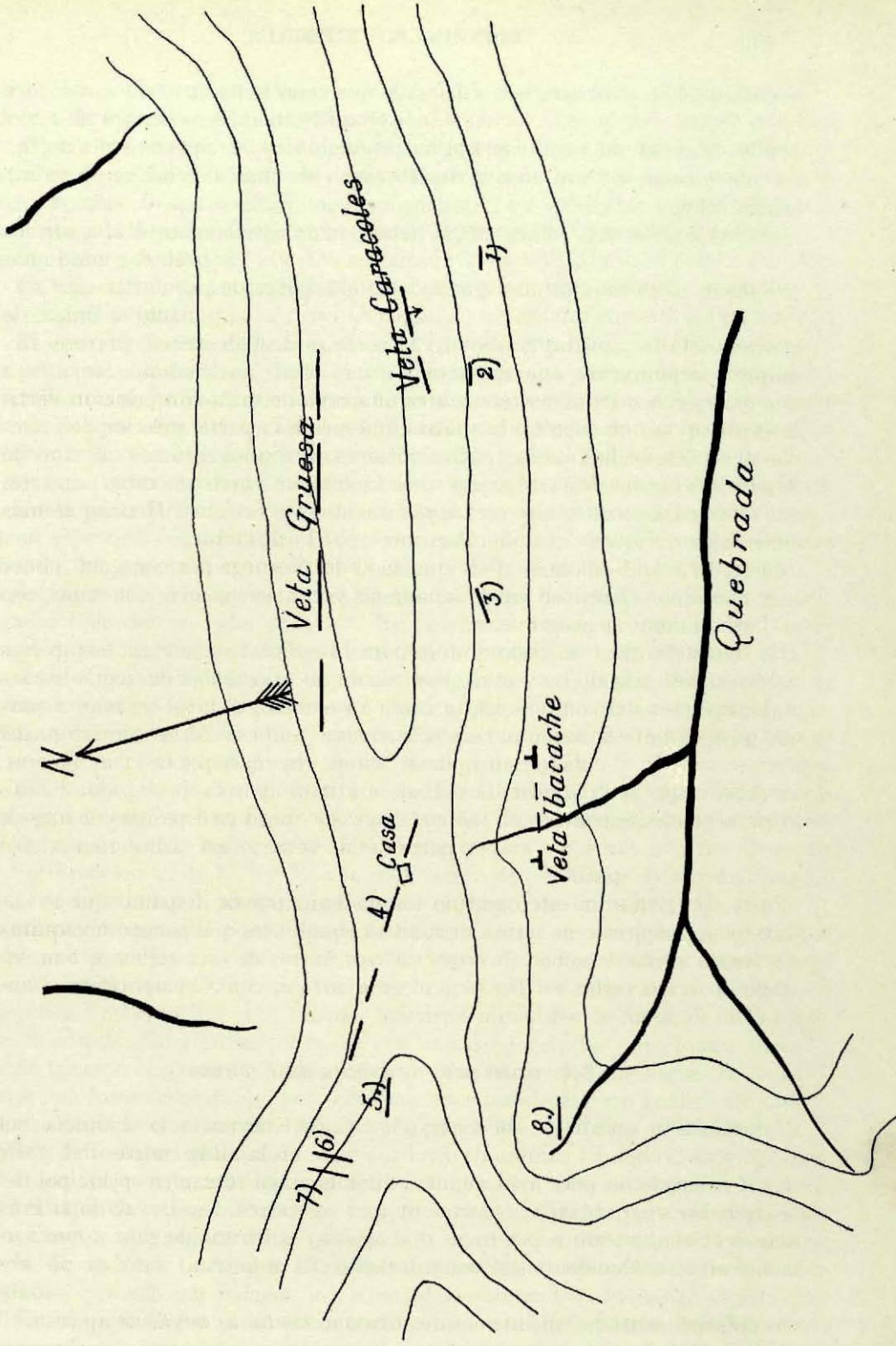
La apatita del Canadá se distingue de la de Noruega por contener ménos cloro y mas fluor. También en el Canadá las vetas tienen una conexión con rocas básicas como piroxenitas.

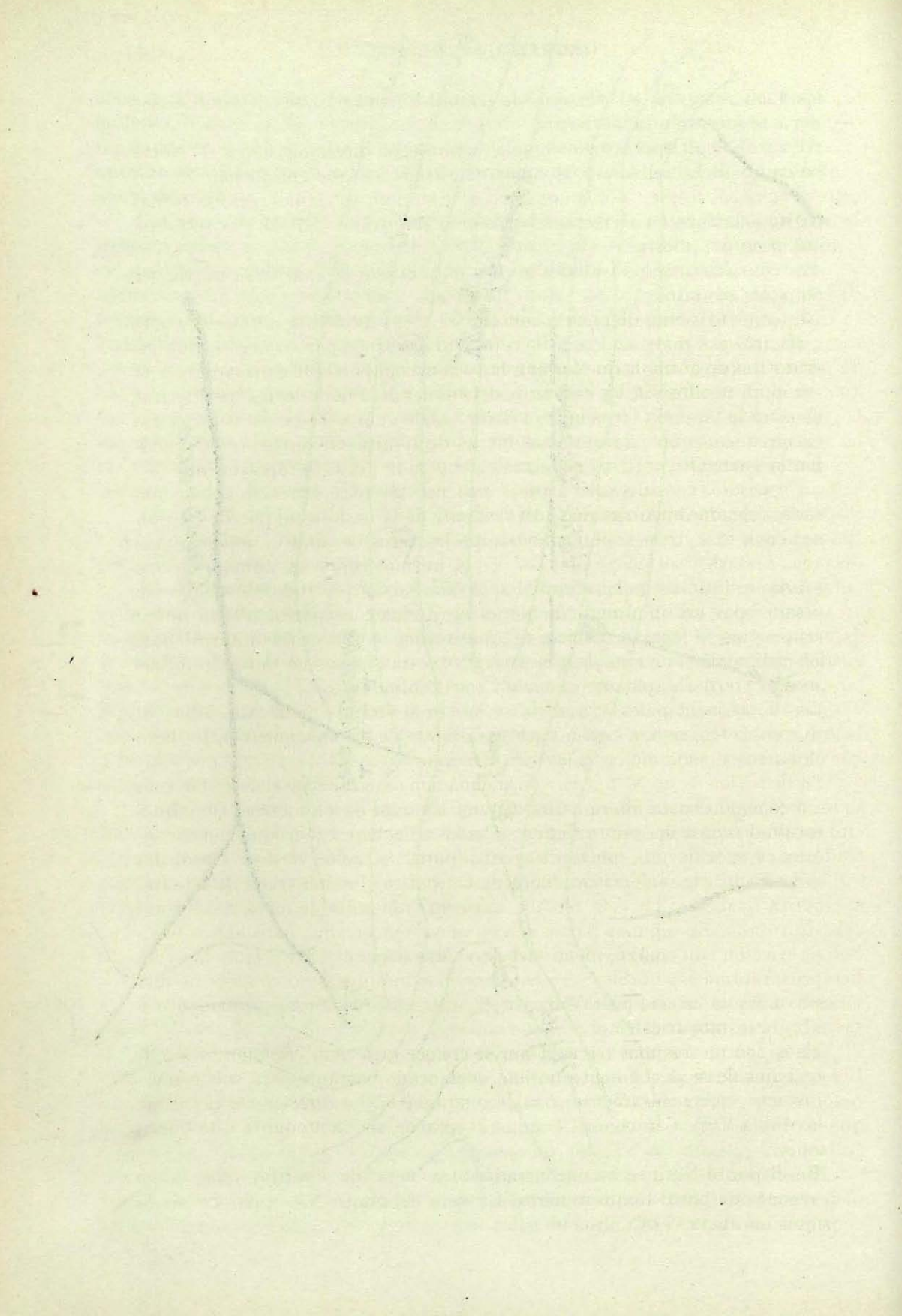
La circunstancia mas desfavorable para la explotación en ámbos países es la poca constancia de las vetas. Vogt dice que ninguna de las vetas alcanza en la dirección del rumbo mas de 100 a 150 metros de largo, la mayor parte solo 30 a 50 metros, muchas 10 a 30 metros. También en la dirección del manto se pierden al cabo de 50 metros i rara vez despues de 100 metros. Mas irregular que la veta misma es el espesor de la apatita contenida. El mineral puro puede alcanzar 3 a 4 metros de grueso, pero ya espesores de mas de 2 metros son muy raros. La mayor parte de las vetas explotadas tienen solo 0.25 a 1 metro de apatita.

Falta mencionar en este capítulo los yacimientos de España que se hallan en rocas calcáreas en forma de mantos irregulares que penetran esquitas i granitos en forma de vetas. Se cree que los fosfatos de esta rejion se han depositado en aguas termales. No tienen semejanza ni con las apatitas de Noruega i del Canadá, ni con las de Freirina.

5.) *Los yacimientos de apatita de Freirina*

Las minas de apatita se encuentran al SE. de Freirina en la estancia del señor Alfredo Nebel. El camino de Freirina sube en la falda norte del valle del Huasco i sigue despues unos cuantos kilómetros en terraplen principal del valle hácia el este; doblando al norte entra en los cerros. En la subida al Portezuelo del Sauce pasamos por rocas diabásicas i porfiritas de gabro, que forman los cerros al Occidente del camino. Las rocas muestran indicios de metamorfosis. Al Oriente del camino se levanta un macizo de diorita; son los cerros del cordón del Infernillo que se continúan hasta las minas de apatita. El límite entre las dos rocas cruza las serpentinadas del camino i corre por el portezuelo. Numerosas vetas feldespáticas, que salen de la diorita i cruzan las rocas





básicas, demuestran la edad mayor de éstas. La metamorfosis de los diabases se debe a la intrusión de la diorita.

Al otro lado del portezuelo sigue el camino con dirección hacia el Norte i entra en un ancho relleno de conos de escombros que provienen de los cerros vecinos. Después doblamos hacia el Este i ya podemos ver las minas de apatita a la derecha arriba en el cordón el Infernillo. La última subida a la mina pasa por diorita.

La repartición de los trabajos hechos para buscar la apatita se puede ver en el croquis adjunto.

El cerro al Oriente de la casa consiste en rocas dioríticas; al Occidente la roca principal son diabases. Toda la región está cruzada por numerosos diques de peridotitas de anfíbola que forman la roca más importante con respecto a la apatita, porque ellos son los criaderos del «mineral». Fuera de las peridotitas he encontrado también piroxenitas i porfiritas de gabro. Todas estas rocas son las mismas que acompañan a los yacimientos de apatita en Noruega i en Canadá.

En la parte Oriental se encuentran vetas muy puras de apatita que alcanzan espesores considerables i que contienen la roca eruptiva solo como salbanda delgada; mientras más al Occidente de la casa los diques de peridotita se ponen más gruesos, al mismo tiempo las vetas de apatita se ponen más delgadas i pierden su valor práctico. En la misma región el número de las vetas i diques aumenta considerablemente, de modo que todo el suelo está atravesado por un sinnúmero de filones eruptivos con apatita. Por la unión de varias vetas se forman macizos de apatita que, con las rocas intercaladas, alcanzan diámetros de más de 3 metros. Pero estas masas no tienen gran valor, pues se pierden rápidamente en las rocas colindantes.

Las vetas principales de apatita se hallan al Oriente de la casa. Allí, al lado sur del cerro, se han hecho varios trabajos de reconocimientos; la veta que se ha reconocido mejor es la Veta Caracoles.

Su dirección es de N. 85° E. con inclinación de 80° hacia el Sur; la veta se ha reconocido hasta ahora a una distancia mayor de 60 metros. Un piquecito escavado cerca del punto donde se halla la flecha en el croquis, ha encontrado un espesor de 1,75 metro de apatita pura, de color verdoso claro. La salbanda es clorítica i contiene, fuera de la apatita, los minerales de sericita, magnetita i asbesto. La veta misma encierra minerales de mica, de litio i asbesto rosado. En algunas partes se ven masas encerradas parecidas a breccias de fricción con cuarzo, mica i asbesto. Mas hacia el Este sigue la veta siempre en forma explotable, pero contiene más impurezas; un análisis de una muestra tomada en esta parte dió 25.13 % de ácido fosfórico equivalente a 54.78 % de fosfato tricálcico.

Unos 100 metros más hacia el Sur se conoce otra veta en el punto N.º 1. Los trabajos de reconocimiento no han adelantado bastante para saber el espesor exacto, que seguramente pasa de 0.50 metro. La dirección es la misma que la de la Veta Caracoles. El mineral parece ser abundante i de buena calidad.

En el punto N.º 2 se ha encontrado otra veta de apatita, todavía no bien reconocida por trabajos mineros. La veta del punto N.º 3 parece ser la continuación de la Veta Caracoles.

La Veta Gruesa se halla en el lado Norte del cerro; la direccion es de Este a Oeste con manteo hácia el Norte. Tiene un espesor de 1.20 metro, pero encierra un faja de 0.15 metro de rocas esquistosas, las cuales sin embargo contienen bastante apatita. Se conoce la Veta Gruesa hasta una distancia de unos 90 metros; pero hai muchas rocas estériles intercaladas, que dificultarian la explotacion.

La veta N.º 4 pasa por la casa i arriba del corral para los caballos. No es tan rica en apatita como las vetas arriba nombradas, pero es interesante por consistir en dos fajas de piroxenita que encierran entre sí la apatita. Ya nos encontramos en la rejion al Oeste de la casa que no contiene vetas de gran importancia. La veta N.º 5 es parecida a la N.º 4; dos fajas de piroxenita con anfíbola i diallag, que están mezcladas con apatita encierran el mineral entre sí.

Las vetas N.º 6 i 7 se distinguen de las demas por su direccion de NE. a SO. La apatita alcanza en éstas espesores de 1.50 a 2 metros, pero está mezclada con rocas estériles. Esta rejion está atravesada por un sinnúmero de diques de peridotitas i piroxenitas mezcladas con apatita, de modo que cada pozo escavado encuentra vestijios del mineral.

La veta N.º 8 corresponde al grupo de estas últimas vetas; he encontrado en esta rejion una piedra de una veta de cuarzo que encierra apatita.

La Veta Ibacache se conoce por dos puntos que distan unos 200 metros. La direccion es de Este a Oeste i el manteo 60º hácia el Norte. La veta consiste en dos partes diferentes. Cerca de la salbanda inferior se encuentra una faja de 0.15 metro de apatita compacta verdosa, mientras la parte principal de la veta, con un espesor de 0.50 metro está formada por apatita arenosa i parece rayada en direccion paralela a la salbanda. La parte arenosa de la veta contiene 29.29 % de ácido fosfórico, equivalente a 63.85 % de fosfato tricálcico. La salbanda está formada por una peridotita con asbesto.

La Veta Ibacache no es la veta mas gruesa, pero es la mas regular; se conoce a una distancia de unos 200 metros en la misma forma i con el mismo espesor. Por esto forma junto con la Veta Caracoles los dos yacimientos mas importantes que se han encontrado hasta ahora.

Otro yacimiento de apatita se halla en la faja de las rocas diabásicas que hemos encontrado en el Portezuelo del Sauce. Estas rocas se estienden hácia el Norte hasta una posesion que está cerca del punto donde sale la quebrada del Carrizalillo, del valle ancho que hemos pasado en nuestro camino a la mina principal. En esta rejion todavía no se hecho ningun trabajo minero. Las lomas chicas que están formadas por diabáses metamorfoseados están cruzadas por varios diques de peridotitas i piroxenitas que contienen casi siempre minerales de apatita; pero no he visto ninguna veta importante de apatita. Siempre es mui probable que al lado de los diabáses existan yacimientos de apatita de importancia.

CONCLUSION

En vista de los pocos trabajos de reconocimiento, ejecutados hasta ahora, ya se ha encontrado una riqueza considerable que hace esperar que con el progreso de los trabajos se hallen nuevas vetas importantes. El porcentaje

del ácido fosfórico de 25.13 i 29.29 %, contenido en las dos vetas principales es bastante alto, puesto que no se refiere a muestras elejidas, sino al término medio de las vetas. En la Veta Caracoles, grandes masas que consisten en apatita casi pura, deberán alcanzar mas de 35 % de ácido fosfórico.

Tenemos el derecho de esperar que en el departamento de Freirina se desarrollará en años futuros una industria minera de fosfato parecida a la de la Noruega.

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



Contribucion a la jeología del Valle del Huasco i del Departamento de La Serena, con una breve descripcion de los yacimientos de fierro.

Por orden del Ministerio de Industria i Obras Públicas he visitado en setiembre de 1913 los yacimientos de apatita cerca de Freirina. Para poder apreciar debidamente las condiciones jeológicas de esta rejion poco explorada, he estendido mis escursiones hasta el curso superior del Rio Huasco i a los yacimientos de fierro que son actualmente de gran interes. Despues de haber visto la mina del Algarrobo al Sur de Vallenar me parecia preciso visitar tambien la del Tofo, para hacer una comparacion de estos dos yacimientos mas grandes del pais.

En este informe trataré solo de las investigaciones jeológicas i de los yacimientos de fierro; los yacimientos de apatita los describiré en otro informe, en el cual agregaré datos sobre los minerales de fosfato de otras partes del mundo i acerca de ciertas cuestiones de importancia para un cálculo del valor de los yacimientos de Freirina.

El señor doctor J. Felsch, tuvo la amabilidad de determinar algunas muestras de rocas eruptivas.

Lista del contenido

- I. Relacion jeográfica.
- II. Descripcion jeológica.
 - 1.) Las rocas cristalinas.
 - 2.) El Triásico.
 - 3.) El Jurásico.
 - 4.) El Terciario.

- 5.) El Cuaternario.
- III. Los yacimientos de fierro.
- 1.) Reseña de la Literatura.
 - 2.) Descripción de las minas de fierro.
 - 3.) La formación de los yacimientos de fierro.

I. Relacion Jeográfica

Al Norte de la Cuesta de Chacabuco desaparece el Valle Lonjitudinal para volver a aparecer solo en las pampas salitreras. Los rios andinos corren de Este a Oeste en valles hondos sin pasar por una depresion entre los Andes i la Cordillera de la Costa. Las grandes subidas i bajadas del Ferrocarril Lonjitudinal muestran claramente que la morfología de esa rejion depende solo de esos valles transversales.

En las líneas divisorias de los rios, se juntan los cordones de la Cordillera de la Costa sin interrupcion con los cerros de los Andes. Esta ausencia de un Valle Lonjitudinal, hace imposible separar la Cordillera de la Costa de la de los Andes.

Al Sur de Vallenar entre las estaciones de Agua Amarga i Viscachitas, parece existir una antigua planicie con direccion de Norte al Sur que hoi está cortada por numerosas quebradas mas recientes. La altura de esta planicie es de unos 1,000 metros.

Los cerros se levantan bruscamente del mar que baña las rocas graníticas. En la costa, entre Coquimbo i Huasco, encontramos un terraplen antiguo a una altura de unos 100 metros sobre el mar. En la bahía de la Serena podemos distinguir a lo ménos tres terraplenes diferentes.

A éstos le corresponden los tres terraplenes principales que acompañan la parte inferior de los Rios de Elqui i Huasco. El terraplen mas alto del Huasco se pierde en el gran llano que se estiende de Copiapó hasta Vallenar.

II. Descripción jeológica

La mayor parte de la rejion entre los Rios Huasco i Elqui está formada por rocas cristalinas; capas sedimentarias son escasas: el Río Huasco corta varias fajas de cales i tobas porfiríticas que pertenecen al jurásico. El terciario se limita a la zona de la costa donde forma las capas de Coquimbo que debemos atribuir al plioceno segun las investigaciones de Steinmann i Moericke. (1) Los sedimentos mas recientes son los rodados de los terraplenes que acompañan casi todos los rios.

1.) Las rocas cristalinas

Las rocas mas antiguas se hallan en la parte andina del valle de Huasco, entre la Laguna Grande i el Alto del Carmen. Consisten de gneises en color

(1) N. Moericke und G. Steinmann. Die Tertiärbildungen des nördlichen Chile und ihre Fauna. Neues Jahrb. f. Mineralogie, etc. Beilageband X. 1905.

gris, granitos blancos i colorados, gneises sericíticos i esquistas micáceas. Todas estas rocas prueban por su aspecto que han sufrido presiones considerables. En el viaje por el valle andino de Huasco se ve en las faldas de los cerros un sinnúmero de diques porfiríticos que cruzan los granitos i gneises. La mayor parte de las erupciones porfiríticas pertenece al jurásico, de modo que las rocas atravesadas por las porfitas deben tener una edad mayor que el jurásico. En las rocas cristalinas antiguas no se conocen yacimientos de cobre.

Este metal se encuentra casi siempre en las masas dioríticas que son mucho mas recientes, porque han atravesado i alterado las capas jurásicas. Este fenómeno se puede estudiar mui bien en los alrededores de la mina de cobre de Orito que está situada al occidente de S. Félix. La mina se encuentra en una masa diorítica. Hacia el occidente siguen capas jurásicas encima de la diorita, como si fueran depositadas sobre ella, pero al Oriente en la bajada a S. Félix, las capas jurásicas están inclinadas hacia la diorita. Examinando las capas mas cercanas de la roca cristalina, observamos que ellas no tienen su aspecto primitivo sino que están fuertemente alteradas por el metamorfismo producido por la intrusion de la diorita. Ademas numerosos filones salen de ésta i atraviesan las capas jurásicas.

Las vetas de Orito pertenecen a dos sistemas diferentes segun su direccion. Las vetas principales corren de Norte a Sur, i están cruzadas por otro grupo de direccion de Noroeste a Sureste. En los últimos años la explotacion se ha limitado a la veta principal; en una hondura de mas de 200 metros el mineral principal es la chalcopirita que se encuentra en una ganga de caolin.

Las dioritas recientes forman una gran parte de los cerros vecinos a la costa del mar. Esta rejion encierra un sinnúmero de yacimientos de cobre, que están descritos en las obras de Domeyko. Ademas contiene los yacimientos de apatita que están en relacion con diques de peridotitas i piroxenitas.

Las dioritas al Sureste de Freirina han penetrado antiguas rocas de diabases i gábrós, que están metamorfosadas i atravesadas por diques que salen del macizo de diorita.

2.) El triásico

Siguiendo el valle andino del Rio Huasco desde el Tránsito hacia el Alto del Cármen, atravesamos primero los gneises antiguos, mas rio abajo siguen esquistas micáceas i gneises sericíticos. Unos cuantos kilómetros ántes de llegar al Alto del Cármen, los cerros están formados por una serie de conglomerados, esquistas negras i areniscas atravesados por filones porfiríticos. El conjunto de estas capas, en las cuales prevalecen los conglomerados, alcanza un espesor de varios centenares de metros. Fuera de restos vejetales indeterminables encerrados en las esquistas, he encontrado dos conchas fósiles:

Halobia spec. (cf. *H. Neumayri* Bittn). (?) *Pleuromya spec.*

La *Halobia* se halla en una esquita negra, la *Pleuromya* en un conglomerado.

Segun la *Halobia cf. Neumayri Bittn*, debemos atribuir estas capas a la Trias superior. Es esta la primera vez que se han encontrado fósiles marinos del Triásico en Chile. Las capas réticas que Steinmann habia encontrado en la Ternera cerca de Copiapó, son netamente limnias i encierran mantitos delgados de carbon. Probablemente una parte de las capas triásicas del Alto del Carmen, que contienen tambien fósiles vejetales, corresponde al rético.

Los rodados de los conglomerados alcanzan solamente diámetros de 0.03 metro i consisten esclusivamente en gneises, esquitas micáceas i cuarzo blanco. Rodados de porfiritas faltan.

Las rocas triásicas están atravesadas por muchos diques de porfirita.

3.) *El Jurásico*

Encima de las capas triásicas sigue una serie de porfiritas i tobas porfiríticas.

En la arena, donde se junta el rio Pinto con el Huasco, se encuentra un afloramiento de capas calcáreas, mui ricas en fósiles. Una determinacion provisoria de las conchas recolectadas me dió las especies siguientes:

Arietites sp. (Lias).

Lima radula Phil.

Gryphaea Darwini Forb. = *cymbium* B. i C. (Lias).

Vola alata v. B. (Lias).

Vola alata var. *Titan* Mör. (Lias).

Spiriferina rostrata Schloth. (Lias).

Rhynchonella tetraedra Sow. (Lias).

Trigonia cf. *costata* Park. (Dogger).

Ostrea Marshi Sow. (Dogger).

Isastraea manflasensis Mör. (Dogger).

Estos fósiles muestran que debemos atribuir las cales de la arena al Lias i al Dogger inferior.

El Lias está superpuesto a rocas porfiríticas i encierra tambien dos capas gruesas de porfirita. Hacia arriba sigue una serie de tobas i conglomerados porfiríticos. Las cales son de color rojizo i mui duras. La formacion jurásica del valle del Huasco corresponde a los yacimientos jurásicos de otras partes de Chile, conocidos por los trabajos de Steinmann i Möricke (1).

De las capas del jurásico superior i del cretáceo, que conocemos por las investigaciones de los dos mismos sabios alemanes, no he encontrado fósiles en la rejión del Huasco. Posiblemente pertenecen a este período las cales oscuras entre la quebrada de los Camarones i Vallenar. Estas cales alternan con bancos porfiríticos; en parte se trasformaron en mármoles a causa de la intrusion de las masas porfiríticas.

(1) Steinmann: Reisenotizen aus Chile. Neues Jahrb. f. Miner. 1884 p. 199.

Möricke: Versteinerungen des Lias und Unter Oolith von Chile. Neues Jahrb, f. Min B.—B. IX. p. 1.

Es esta la zona de las minas de plata a la cual pertenece Chañarcillo, en el Norte, i que pasa hácia el Sur por las minas de Agua Amarga, Viscachitas, Tunas, etc.

En el viaje por ferrocarril de Vallenar a Agua Amarga se ve mui claramente el límite entre el terreno estratigráfico i el granítico. La estacion misma de Agua Amarga se halla en el granito, pero el cordón de cerros que se eleva al Este, muestra con toda claridad la estratificación de las rocas que la componen.

Una visita mui corta al mineral de Tunas, donde se han reanudado los trabajos para explotar vetas todavía no trabajadas, me mostró que el yacimiento corresponde perfectamente a las minas de Chañarcillo i otras mas, conocidas por los trabajos de Domeyko, Moesta, Möricke, etc. Las vetas de Tunas se encuentran en las mismas cales oscuras que pertenecen probablemente al jurásico superior. Con las cales alternan tobas porfíricas i el conjunto de las capas está atravesado por un dique de porfírita, lo que allá llaman un «chorro». El mineral se encuentra concentrado cerca del «chorro» i de los «cruceiros». Los cruceiros son numerosas grietas que, unidas en grupos, atraviesan las capas. Las vetas corren de Norte a Sur. Los minerales anteriormente explotados eran plata roja envuelta con minerales de arsénico.

Terrenos secundarios se encuentran tambien al Oeste de Vallenar. En la estacion de Maitencillo, entre Vallenar i Freirina, se ven grandes montones de un yeso cristalino que proviene de los cerros situados unos seis kilómetros al Norte de la estacion. Hasta ahora se conoce el yeso en Chile solo en capas del jurásico superior o del cretáceo.

En el camino de Vallenar a Algarrobo, que pasa por el valle ancho del río Maitencillo, he observado al Oeste del mineral de Ojos de Agua otro afloramiento de la formacion secundaria; pero la falta de tiempo no me permitió visitar el punto.

4.) *El terciario*

Steinmann i Möricke distinguen dos secciones del terciario en Chile: las capas de Navidad i las de Coquimbo. A la formacion de Navidad, que corresponde al oligoceno i mioceno, pertenecen los yacimientos de carbon de Concepcion i Arauco: esta formacion no se conoce mas al Norte que Valparaiso. Las capas de Coquimbo son mucho mas nuevas i deben atribuirse al plioceno.

Las encontramos en el Sur de la provincia de Arauco cerca de la desembocadura del río Tubul; pero los yacimientos principales se hallan en la region de Coquimbo i Caldera. Diferentes de la formacion de Navidad, las capas de Coquimbo encierran una fauna mui parecida a la que habita hoi dia la costa de Chile; encontramos en el plioceno los *Monoceros*, *Venus*, *Turritella*, *Balanus*, etc., del mar actual.

Las rocas del plioceno son principalmente areniscas sueltas de color gris o amarillo, en parte endurecidas por la cal que contienen. Están superpuestas al granito de la costa i empiezan abajo con conglomerados basales. Siempre tienen un manto de pocos grados al Oeste; por esta inclinacion se distinguen de las capas cuaternarias que forman los terraplenes de Coquimbo,

Serena i de toda la costa. Jeneralmente en las desembocaduras de los rios de esa rejion, la parte inferior de los terraplenes está formada por las capas inclinadas del plioceno, i solo la parte de mas arriba, que es la causa del terraplen actual, consiste del cuaternario.

En mis viajes he podido reconocer el plioceno en algunos puntos hasta ahora desconocidos: en la Quebrada Honda i en Cruz Grande, el puerto de la mina de fierro del Tofo.

Los fósiles terciarios encontrados son en La Serena:

Balanus psittacus Mol. var. minor Phil.

Monoceros pyrulatus Phil.

Concholepas nodosum Mör.

Pecten Vidali Phil.

Pecten coquimbensis Mör.

En Quebrada Honda:

Fusus Steinmanni Mör.

Pecten Vidali Phil.

Balanus i huesos de ballenas.

En Cruz Grande:

Ostrea máxima Hupé.

Terebratula (*Waldheimia*) *macrostoma* Phil.

Balanus i huesos de ballenas.

La escasez del tiempo de que podia disponer para investigaciones netamente científicas, no me permitió hacer colecciones mas abundantes de fósiles.

5.) *El Cuaternario*

El cuaternario se compone de dos secciones distintas, una marina que acompaña la costa del mar, i otra fluvial que acompaña los valles de los rios.

El mejor punto para un estudio del cuaternario marino es la rejion de la bahía de Coquimbo. Allí se distinguen varios terraplenes que ya han sido descritos por Darwin. El suelo de todos esos terraplenes está formado por arenas i conglomerados que encierran una fauna marina del cuaternario. El terraplen mas alto que he encontrado, se halla a una altura de unos 165 metros sobre el nivel del mar; el camino cochero de Serena a La Higuera pasa por este punto unos 10 kilómetros al Norte de Serena. El terraplen no es mui marcado; en los cortes bajos del camino se ven muchos rodados chicos que encierran conchas mui mal conservadas de *Venus sp* i de un gran *Pectunculus*, parecido al *Pectunculus magallanicus* Phil.

De mayor importancia es el terraplen inferior, que solo alcanza alturas de unos 100-110 metros; es éste el terraplen principal que acompaña toda la costa al Norte de Coquimbo. Cerca de La Serena la capa de mas arriba, que forma el suelo de la planicie, es una breccia de conchas.

Cerca de la «Quebrada del Jardin» he encontrado los fósiles siguientes:

Monoceros cf. *grandis* Phil.

Turritella cingulata Sow.

Oliva Peruviana L.

Solecortus Dombeyi L.

Venus spec.

En muchos puntos al Norte i al Sur de La Serena se levantan de la planicie cerros graníticos rodeados de arenas cuaternarias; en esos puntos se ve claramente la erosion del mar antiguo que bañaba esos cerros.

Unos dos kilómetros al Norte de Serena, una planicie mas baja contiene gran número de *Mesodesma donacia* L. i *Venus spec.*

El terraplen principal de unos 100 metros de altura sigue al Norte hasta Huasco.

Los terraplenes fluviales corresponden naturalmente a las planicies marinas. Darwin tenia la opinion de que todos los terraplenes en los valles hasta Vallenar i mas rio arriba eran de oríjen marino. No podemos seguir manteniendo esta opinion. Con escepcion de la rejion cercana al mar faltan los fósiles marinos en los depósitos que forman estos terraplenes. Ademas los rodados de los mismos son sin duda alguna de oríjen fluvial. La inclinacion de los terraplenes de Este a Oeste no puede esplicarse por la accion del mar como lo trata de demostrar Darwin, sino solo por oríjen fluvial.

Darwin contó unos seis terraplenes en el valle del Huasco. En Freirina he encontrado siete terraplenes que se encuentran entre 81 i 210 metros de altura, pero no todos son de igual importancia; solo tres terraplenes son principales.

El mas alto forma una planicie de unos cinco a diez kilómetros de anchura; de esta altiplanicie se levantan abruptamente los cerros graníticos, i solo los estensos conos de deyeccion forman la transicion de los cerros a la planicie. Este terraplen mas alto parece a primera vista completamente horizontal. Pero los grandes canales de riego que vienen desde el Este i que no obstante su propia inclinacion hácia el Oeste, llegan a la planicie alta, nos muestran que ésta tiene una inclinacion considerable hácia el occidente.

En Vallenar, la planicie alcanza su término oriental i solo se prolonga un poquito en el estrecho valle andino del Huasco. Pero éste no puede ser el punto de partida del gran llano que se estiende al Norte i al Sur a lo largo del ferrocarril lonjitudinal. Al Sur desaparece el llano mui pronto al pié de un cordón de cerros que une la Cordillera alta con los cerros marítimos. Solo al Norte se prolonga el llano a gran distancia, formando la llamada «travesía» entre Copiapó i Vallenar.

Todavía no es posible decir nada de seguro sobre el oríjen de estos terraplenes, i especialmente de la planicie grande. El Rio Huasco atraviesa esta formacion en un valle angosto i mui hondo. Con escepcion de algunos puntos, no ha cortado otras capas que los rodados, de modo que debemos suponer que ántes de la deposicion de éstos ya existia un valle grande i bastante ancho en la hoya del rio actual. En ese tiempo, el mar debia encontrarse casi a la misma altura como hoi. Despues, por causa de un hundimiento de la tierra o por otros motivos hasta ahora desconocidos, se llenó el valle antiguo con rodados fluviales hasta la altura del terraplen mas alto; el material provenia de los cerros vecinos i de la «travesía». Al fin de ese período los rios como el Huasco corrian sobre el terraplen mas alto que conducia paula-

tinamente al mar. Pero poco a poco volvía a levantarse la tierra con la distancia mayor entre el suelo llano del valle i el nivel del mar; los rios cortaban sus lechos hondos en los rodados fluviales. Los terraplenes intercalados corresponden a tiempos en los cuales el movimiento de la tierra quedaba interrumpido por períodos de tranquilidad.

Fuera de estos depósitos fluviales que han conservado su relacion con el sistema actual de los rios, hai otros que deben tener una edad mayor, porque faltan actualmente todas las condiciones que hicieron depositar esas capas. La Laguna Grande, en la rejion de las fuentes del Rio Huasco, tiene una altura de unos 3,200 metros i se encuentra en un valle rodeado por cerros que alcanzan 4,000 metros. El cerro situado al Sur consiste de un enorme conglomerado fluvial de varios centenares de metros de espesor. Como hayan podido depositarse los rodados a esta altura, no se comprende de la morfolojía actual de la rejion de la Laguna Grande. Las capas tienen mui poca inclinacion al Oeste. Son arenas fluviales que alternan con capas de breccias i conglomerados. Los rodados consisten en granitos i otras rocas andinas.

III. LOS YACIMIENTOS DE FIERRO

1.) *Reseña de la literatura*

Los trabajos referentes a los yacimientos de fierro en Chile, que he podido consultar, son todos debidos a la pluma del señor don Carlos Vattier, quien ha dado a conocer en ellos los resultados de sus investigaciones, efectuados en numerosos viajes de estudio que comprendieron todos los yacimientos desde Tarapacá hasta Santiago.

Los títulos de sus trabajos mas importantes son los siguientes:

- 1.) El porvenir de la metalurjía del fierro en Chile.
- 2.) Le Chili Minier, Metalurgiste et Industriel.
- 3.) La industria del Hierro en Chile. Santiago, 1910.
- 4.) Les Mines de Fer et la Sidérurgie dans l'Amérique du Sud et principalement au Chili. M. Soc. Ing. Civ. France, 1911.
- 5.) El Fierro en Chile. Bol. Soc. Nac. de Minería, 1913.

2.) *Descripcion de los yacimientos de fierro*

He visto solo cuatro de los numerosos yacimientos de fierro, pero entre éstos se encuentran los tres mas grandes que se conocen hasta ahora en el pais. Las minas de fierro visitadas son: el Algarrobo, el Tofo, Ojos de Agua i Romeral. El tiempo mui corto de que disponia no bastaba para hacer cálculos del contenido, sino podia darme solo una idea acerca de la formacion de los minerales i proporcionarme una comparacion relativa de las riquezas de los yacimientos visitados. Empezamos por el Tofo, ya que allí los trabajos de explotacion han avanzado mas que en las otras minas.

a.) El Tofo

El Tofo está situado en un cerro de unos 700 metros de altura a una distancia de 7 kilómetros del puerto de Cruz Grande; la distancia de La Serena es de unos 50 kilómetros. El mineral forma la cima del cerro i consiste de dos masas principales; la masa mas grande forma la cumbre mas alta, mientras la otra se encuentra en una punta un poco mas baja. Los dos yacimientos están separados por una faja de unos 30 metros de rocas. La forma del yacimiento no puede llamarse veta, porque es poco mas largo que ancho; el mejor nombre que podemos atribuir (1) a esta forma de yacimiento será «farellon», término que corresponde al alemán «Stook».

La masa grande está puesta en descubierto en la falda oriental por la erosion a una hondura de unos cien metros. Un socavon construido a una hondura de 180 metros encontró el macizo. En las demas faldas el fierro queda cubierto por rocas dioríticas. Un dique de una roca derivada de un magma diorítico, probablemente un «Vogesita», atraviesa el mineral.

La masa menor situada al Norte de la grande, no está descubierta hasta tal hondura como aquélla, pero sin embargo encierra unos cuantos millones de toneladas a la vista. El deslinde entre las rocas que encierran el mineral i el fierro mismo, siempre está clararrente marcado. En jeneral, forma paredes esencialmente verticales i lisas, en algunos puntos entra el mineral en forma de vetas a las rocas colindantes. Los injenieros de la mina calculan el contenido del yacimiento en unos 60 millones de toneladas a la vista, cifra que podemos tomar como mínimo.

b.) El Algarrobo

La mina del *Algarrobo* está situada a una distancia de unos 20 kilómetros al SO. de Vallenar, i de unos 50 kilómetros del puerto de Huasco. El camino de Vallenar sigue primero el valle del Huasco i entra en seguida al valle del Maitencillo, pasando por los yacimientos de fierro de Ojos de Agua i por el Portezuelo de las Totoritas, que tiene una altura de unos 1,000 metros. En el camino desde Ojos de Agua ya se ven varios afloramientos de vetas de fierro i partes del suelo cubiertas de numerosos rodados de fierro. Desde el Portezuelo podemos percibir los cerros altos del Algarrobo; se distinguen las vetas enormes que pasan por las cimas de los cerros i la inmensa cantidad de rodados que se han desprendido de las vetas.

El camino sigue por la quebrada que sale del Portezuelo al Sur. A una distancia de dos o tres kilómetros se junta una quebradita con el estero principal; la quebrada chica contiene una bonita «posesion» con lindas higueras i duraznos i la llamamos por esto la «Quebrada de la Posesion».

La quebrada principal corre de Norte al Sur i está acompañada en el lado occidental por unos cerros que la superan en unos 150 hasta 350 metros. Estos cerros están prolongados en la direccion de Norte al Sur i por sus

(1) El señor Vattier ha usado el nombre «Farellon» con mucha razon para el yacimiento de Ojos de Agua.

ciatas corren las vetas principales que tienen la misma dirección como el cerro. El yacimiento tiene la forma de una veta gigantesca i, con un espesor que varia entre 20 i 130 metros, se estiende por mas de 4 o 5 kilómetros. En algunas partes atraviesan el yacimiento vetas i masas de rocas, así por ejemplo en la Quebrada de la Posesion donde falta el mineral. A causa de ramificación de la veta principal, encontramos en algunos cortes trasversales dos i mas vetas grandes.

Una segunda veta parece acompañar al yacimiento principal en el lado oriental cerca del suelo de la quebrada principal donde aparece en varios farellones i afloramientos chicos. De los afloramientos de la veta principal se han desprendido enormes masas de rodados de fierro, que han cubierto toda la falda del cerro i probablemente tambien partes de la veta chica.

No me era posible hacer un cálculo del contenido en toneladas de minerales de fierro, pero para dar una idea de la riqueza inmensa haré la cubicación siguiente: La superficie total de las pertenencias pedidas es de 300 hect. (60 pertenencias a 5 hect.); estas 300 hectáreas contienen 3 millones de metros cuadrados. No hai ningun metro cuadrado en las pertenencias que no contenga a lo ménos un rodado de mineral de fierro; la mayor parte está cubierta con éstos, tan compactamente, que no se pueden ver las rocas del suelo; en varias partes se conocen los rodados de fierro hasta honduras de tres i mas metros. Si suponemos ahora que cada cinco metros cuadrados contienen un metro cúbico de mineral de fierro en forma de rodados, lo que es mui poco, cada metro cuadrado contendria una tonelada i todas las pertenencias la suma de 3.000.000 de toneladas de fierro solo en forma de rodados i bloques sueltos.

No cabe duda de que las minas de Tofo i del Algarrobo son los dos yacimientos mas grandes de fierro que conocemos en el país. El señor Vattier opina que El Tofo es el mayor. En El Tofo se conoce una hondura mayor del yacimiento que en el Algarrobo. La causa de esto es solamente la erosion que ha puesto a descubierto el mineral del Tofo a mayor hondura que en El Algarrobo. Si se considera solo la estension superficial, el yacimiento del Algarrobo tiene una superficie mucho mas estensa que la del Tofo, i por esto el Algarrobo es probablemente El yacimiento mas rico de fierro de Chile.

c.) Ojos de Agua

El mineral de Ojos de Agua, que se encuentra en la mitad del camino de Vallenar a Algarrobo consiste en tres farellones grandes de fierro. Tambien es un yacimiento muy considerable, pues encierra varios millones de toneladas de minerales de fierro.

d.) El Romeral

La mina del Romeral se encuentra al Norte de Vallenar a una distancia de unos 15 kilómetros. El yacimiento forma un cerro cubierto de rodados de fierro; tambien se ven algunos afloramientos de vetas irregulares que a lo ménos en parte se pierden a poca hondura. Cálculo del contenido no puede hacerse todavía, porque falta toda base para este procedimiento i los trabajos

de reconocimiento hechos hasta ahora no están terminados. No sé en qué datos se funda la cubicacion de 15 millones de toneladas de minerales de fierro que publicó el señor Vattier en el Boletín de la Sociedad Nacional de Minería, 1913, página 112.

3.) *La formación de los yacimientos de fierro*

Para comprender la formación de los minerales de fierro, debemos considerar primero las rocas que acompañan los yacimientos. Estas son exclusivamente rocas de origen ígneo, no se hayan sedimentos ni esquistos cristalinos en la vecindad de las minas de fierro. Por esto los minerales no pueden ser de origen sedimentario, sino que deben pertenecer a la misma formación que las rocas vecinas. En el mineral del Algarrobo, la roca principal es la diorita que forma los cerros que rodean el yacimiento. En ésta encontramos una faja de unos cuantos centenares de metros de ancho, que corresponde a un dique grande de rocas eruptivas; la dirección de este filon es de Norte a Sur. Consiste en una roca negra de estructura porfírica, que encierra los yacimientos de fierro. La roca es un lamprófiro diorítico proveniente de un magno diorítico; por su gran peso específico muestra que contiene un considerable porcentaje de fierro, lo que hace muy probable que el lamprófiro esté en íntima relación con el fierro. Debemos suponer que los yacimientos de este mineral se han formado de la manera siguiente: en gran hondura se ha encontrado una masa de magma; las partes más ácidas de éste formaron la primera intrusión, la del macizo de diorita. Las partes básicas quedaron abajo i con ellas el fierro; más tarde había otra intrusión de una masa mucho más básica, que está representada por el lamprófiro. Probablemente poco más tarde ascendieron también las masas del fierro.

En El Tofo, en la diorita porfírica al lado del yacimiento, he encontrado pequeñas acumulaciones irregulares de magnetita.

En El Romeral se hallan solo vetas irregulares de magnetita; probablemente el fierro ha sido inyectado en rajaduras de las rocas.

CONCLUSION

El tiempo que yo podía dedicar al estudio era sumamente escaso: solo un día para El Algarrobo i pocas horas para El Tofo i El Romeral, de modo que no era posible llegar a resultados definitivos. Pero no dudo que las minas del Tofo y del Algarrobo pertenecen a los yacimientos de fierro más importantes del mundo, por la cantidad enorme de minerales de la mejor clase. Según el señor Vattier, el mineral del Tofo contiene 67% a 69% de fierro metálico i a lo más 0.04% de fósforo.

En vista de estas riquezas i de los numerosos puntos en los cuales se conocen yacimientos de fierro, sería de gran importancia una investiga-

cion detenida de todas las minas de fierro. Tal exploracion no deberia limitarse solo a calculaciones del contenido de los diferentes yacimientos, sino que deberia tambien tomar en cuenta las condiciones jeolójicas de cada mina.

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

