Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Posgrado

Estudio de los yacimientos de estaño de la Provincia de Catamarca "Minas San Salvador"

Gutiérrez, Marcos M.

1913

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Gutiérrez, Marcos M.. (1913). Estudio de los yacimientos de estaño de la Provincia de Catamarca "Minas San Salvador". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0088_Gutierrez.pdf

Cita tipo Chicago:
Gutiérrez, Marcos M.. "Estudio de los yacimientos de estaño de la Provincia de Catamarca "Minas San Salvador"". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1913. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0088_Gutierrez.pdf

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

ESTUDIO DE LOS YACIMIENTOS DE ESTAÑO

DE LA

Provincia de Catamarca

MINAS "SAN SALVADOR"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

ESTUDIO

DE LOS YACIMIENTOS DE ESTAÑO

DE LA

PROVINCIA DE CATAMARCA

MINAS "SAN SALVADOR"

TESIS

Presentada para optar el grado de Doctor en Química

POR EL EX-ALUMNO

MARCOS M. GUTIÉRREZ

Jefe-Director de la Oficina Química Nacional de la Capital
Profesor Suplente de Complementos de Química, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Profesor de Química del Colegio Nacional de Buenos Aires y de la Escuela Normal de Maestras de Flores

BUENOS AIRES
Imprenta "ALSINA" Victoria 1287
1913

La Facultad no se hace solidaria de las opiniones vertidas en las Tesis.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DECANO

Ingeniero Juan F. Sarhy.

VICE-DECANO

Ingeniero Agustín Mercau.

ACADÉMICO HONORARIO

Ingeniero Guillermo White.

ACADÉMICOS

Ingeniero Luis A. Huergo.
Ingeniero Eduardo Aguirre.
Ingeniero Otto Krause.
Ingeniero Juan F. Sarhy.
Ingeniero Santiago Brian.
Ingeniero Julián Romero
Ingeniero Emilio Palacio.
Doctor Juan J. J. Kile.
Doctor Manuel B. Bahía.
Doctor Atanasio Quiroga.
Doctor Ildefonso P. Ramos Mejía.
Doctor Eduardo L. Holmberg.
Doctor Angel Gallardo.
Doctor Carlos M. Morales.

CONSEJEROS

Ingeniero Luis A. Huergo.
Ingeniero Eduardo Aguirre.
Ingeniero Otto Krause.
Ingeniero Juan F. Sarhy.
Ingeniero Julián Romero.
Ingeniero Agustín Mercau.
Ingeniero Julio Labarthe.
Ingeniero Lorenzo Amespil.
Ingeniero Mauricio Durrieu.
Ingeniero Fernando Segovia.
Doctor Carlos M. Morales.
Doctor Ildefonso P. Ramos Mejía.
Doctor Angel Gallardo.
Doctor Julio J. Gatti.
Doctor Ignacio Aztiria.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

DOCTORADO EN QUIMICA

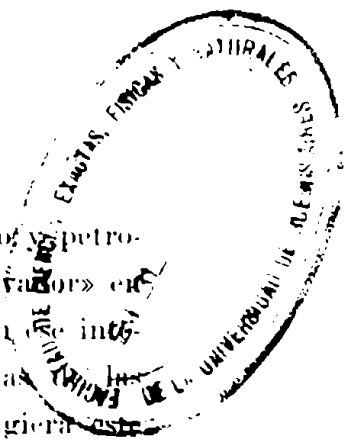
PADRINO DE TESIS

Consejero Ing. Eduardo Aguirre

A los míos

Señores Consejeros.

Señores Profesores:



La circunstancia de realizarse un estudio geológico y petrográfico de la región de las minas de estaño «San Salvador» en la provincia de Catamarca y el deseo de colaborar en ese interesante trabajo con algunas investigaciones químicas de las rocas y de los minerales de estaño, hicieron que eligiera este asunto como objeto principal de mi tesis.

Por otra parte, la duración del estudio a que me he referido, ocasionó la larga demora en presentar esta a vuestro dictamen, pues haberlo hecho antes, prescindiendo de los datos geológicos y petrográficos, hubiera sido quitar la base segura e indispensable a los trabajos químicos que, aislados, hubieran tenido tan sólo el valor de simples datos analíticos.

Hoy, al hacerlo, espero que tendreis en cuenta a mi favor las causales indicadas, considerando que se trata del primer trabajo de esta índole que se publica sobre los yacimientos estanníferos argentinos y tal vez el único por la forma de ser desarrollado, en el que los análisis químicos no sólo se han efectuado sobre los minerales de aplicación, sino también sobre las rocas principales, contribuyendo así, junto con los datos petrográficos, a la aclaración de las condiciones geológicas de los yacimientos.

Con este criterio, he procedido en el trabajo de acuerdo con el siguiente plan general: Introducción. Relaciones geológicas generales de los yacimientos. Los yacimientos y sus relaciones

geológicas y petrográficas. Estudio de las rocas. Estudio de los minerales. Minería del estaño. Conclusiones.

Antes de terminar, debo agradecer a mi estimado y distinguido profesor, ingeniero don Eduardo Aguirre, el alto honor que me dispensa acompañándome en este acto.

Al señor don Salvador Mezquita, por todas sus atenciones y facilidades que me dió en todo momento para poder efectuar este trabajo, lo mismo que al doctor Hans Keidel, mi más profundo agradecimiento y al doctor Ernesto Longobardi y señor don Nicolás Cimas, también les agradezco los buenos consejos y valiosos datos que me ofrecieron.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho notable que los yacimientos de estaño del tipo bien conocido en Europa, existentes en los torsos de las antiguas montañas hercínicas, (Cornwall, Erzzebirge, Morbihan, etc.), en los Estados Malayos, en Australia y otros sitios, sean raros en el continente americano.

La producción de estaño en los Estados Unidos, tan rico en yacimientos de otros metales, es insignificante. Solamente los Andes de Bolivia hacen excepción en este sentido. Pero, divergen todavía las opiniones, sobre el carácter de los numerosos yacimientos de estaño que allí se encuentran y cuya explotación está contribuyendo en escala considerable a la producción mundial. Según Stelzner que investigó prolijamente muestras de los yacimientos de Oruro y de otros puntos, (1), estos están constituídos al mismo tiempo por vetas de plata y bismuto y ligados con rocas efusivas modernas, (del terciario). Su opinión a este respecto ha predominado hasta los últimos años; pero por nuevos estudios de los yacimientos bolivianos (2), se ha verificado que se debe distinguir por lo menos dos ti-

(1) A. W. Stelzner, *Die Silber-Zinnerzlagerstätte Bolivias*, ein Beitragzur Naturgeschte des Zinnerzes; Zeitschrift de Deutsch Geol. Gesellshaf, 1897.

(2) W. R. Rumbold, *The [illegible] of the Bol[illegible] deposits*; Econ. Geology, vol. [illegible], pag. [illegible]; [illegible].

M. Armas, *Etude sur l'état et l'avenir Bolivien et sur la [illegible] des [illegible]*; An. des Mines, 84 p. p.; 1911.

pos, es decir, el tipo descripto por Stelzner y otro que se asemeja mucho al tipo conocido en Europa, Asia, etc. Sin embargo, antes de juzgar definitivamente es bueno esperar nuevas investigaciones.

En la República Argentina las condiciones favorables para la formación de yacimientos de estaño del tipo común se encuentran sobre largos trechos; es decir, en la parte oriental de los Andes, donde afloran grandes masas de rocas graníticas en las provincias de Catamarca, Rioja, Córdoba y San Luis. En efecto, se conoce aquí desde hace mucho tiempo, yacimientos del grupo, bien caracterizados por la paragénesis de sus minerales, del que los yacimientos de estaño son una facies especial, como son las numerosas vetas descriptas por Bodendender (1), y otros, (2), que además de la wolframita contienen minerales de cobre y, a veces también, molibdenita. Pero los yacimientos de estaño, *sensu stricto*, caracterizados por la presencia sola o predominante de la casiterita, son también aquí escasos.

Hasta ahora se los ha encontrado solamente en dos puntos, es decir: en la sierra de Mazán, en la provincia de la Rioja, y en la parte austral de la sierra de Gualampajá entre Belén y Fiambalá, en la provincia de Catamarca.

En la sierra de Mazán, se repiten claramente las relaciones de los yacimientos de Zinnwald. La casiterita se halla sola o junto con wolframita en vetas gruesas, compuestas de cuarzo y de mica clara. Se puede averiguar que estas vetas están ligadas, como una de las últimas formaciones de la diferenciación magmática, con un granito muy ácido, que ha perforado un granito porfírico de edad mayor: y de las condiciones geológicas se des-

———

(1) G. Bodenbender, *Los criaderos de Wolfram y molibdenita de la Sierra de Córdoba*, Bol. Acad. Nat. Cien. Córdoba, Tomo XIV, p. 93-115; 1897.

2) O. V. Keyzerling, *Argentinische Wolframerzlagerstätten*; Zeitschr. F. praktische geologie, p. 156-165; 1909.

prende que estos yacimientos son antiguos: precámbricos o paleozoicos.

Los yacimientos de la Sierra de Gualampajá, difieren de los de la Sierra de Mazán. Están ligados también con rocas graníticas, pero el mineral de estaño, la casiterita, se halla aquí en pegmatitas y en zonas de granito alterado y transformado en greisen.

Relaciones geológicas generales de los yacimientos de estaño en la Sierra de Gualampajá, en la región de las minas "San Salvador" [1].

La Sierra de Gualampajá es un ramal de la alta masa de la Puna de Atacama. Geologicamente pertenece a las sierras Pampeanas: es decir, a aquel grupo de elevaciones separadas o aisladas en las provincias de Catamarca, La Rioja, Córdoba, San Luis y San Juan, donde, según nuestros conocimientos actuales, afloran en la mayor extensión, las rocas más antiguas de la República Argentina.

Los caracteres geológicos esenciales y especiales de estas sierras son los siguientes: sobre una masa denudada profundamente, compuesta de esquistos cristalinos de edad precámbrica, y perforada sobre largos trechos por rocas de profundidad, descansan depósitos continentales del paleozoico superior y del mesozoico. Estos depósitos contienen en varios lugares, plantas fósiles de las floras de Gondwana, sobre todo del piso de Glossopteris y del rético. Sobre dichos depósitos siguen en concordancia aparente, areniscas y arcillas coloradas del cretáceo y por fin, grandes acumulaciones fluviátiles del terciario.

En los distintos grupos de los sedimentos arriba de la base cristalina se hallan rocas efusivas, principalmente rocas básicas o intermediarias.

Estas relaciones se observan también, en gran parte, en

[1] De un estudio geológico-petrográfico, de la región, efectuado por el Dr. Hans Keidel.

el perfil de la Sierra de Gualampajá, en la latitud de los yacimientos de estaño.

Los yacimientos se hallan al lado occidental del primer cordón que se cruza sobre esta línea, en el viaje desde los bajos de Belén y Londres hacia el poniente. El cordón está compuesto, en su mayor parte, de rocas graníticas, y la faja que constituye tiene dirección meridional y una anchura de 20-25 kilómetros. En varios sitios las rocas graníticas están perforadas por rocas más básicas: dioritas y dioritas porfíricas que, muy probablemente, como las del cerro Fraile, más al poniente, son del paleozoico superior o mesozoico inferior. Lo que interesa aquí es la falda occidental del cordón. Es un plano inclinado con 30 grados hacia el poniente y de una regularidad que llama la atención.

La investigación muestra que se trata de una antigua planicie de destrucción que sale a luz en un trozo continuo de 15 kilómetros por lo menos, en la dirección meridional. Esta planicie ocupa la parte superior de la cresta del cordón, entre las alturas de 2500-2700 metros aproximadamente, y llega hasta las cumbres. Hacia el poniente desaparece debajo un sistema de areniscas coloradas parduzcas del grupo de Gondwana, que tiene la misma inclinación que la planicie.

El perfil general adjunto, muestra estas relaciones (figura n.° 1).

La existencia de la antigua planicie de destrucción tiene cierta importancia, porque influye sobre las condiciones bajo las cuales afloran los yacimientos de estaño.

En toda la planicie se observan únicamente rocas graníticas. Los yacimientos se hallan distribuídos en éstas sobre un trecho de 5-6 kilómetros en dirección meridional y desde la cresta del cordón hasta cerca de la línea, donde la planicie está recubierta por las areniscas.

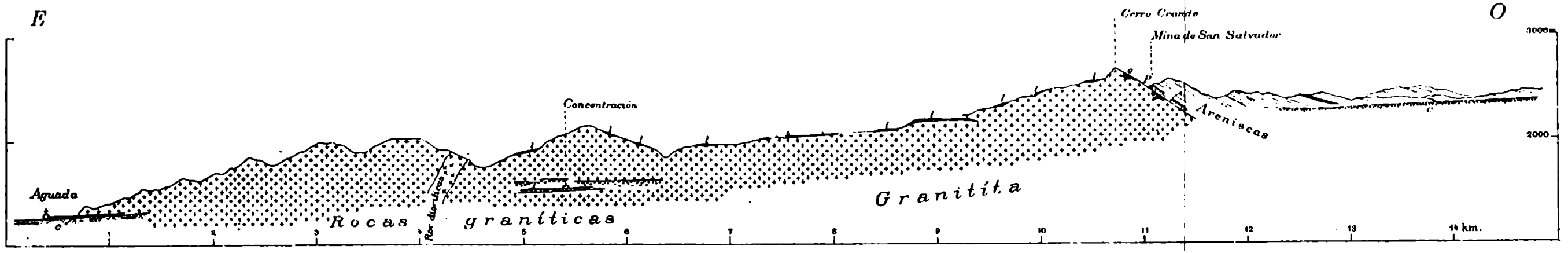


Lámina 1.

Perfil transversal de la Sierra de Gualampajá, en la latitud de las minas de estaño, mostrando la extensión del macizo granítico, la situación de los yacimientos, la planicie de destrucción y la superposición de ella por las areniscas de Godwana.

Los yacimientos y sus relaciones geológicas y petrográficas

Según las muestras recogidas en el lado oriental del cordón, éste está constituído principalmente de una granitita, compuesta de feldespatos de potasio, de plagioclasa y de biotita. Esta roca no muestra caracteres aberrantes; pero en la falda occidental, en el plano de la planicie de destrucción se observa que la granitita está reemplazada por una facies más ácida. A pesar de que la investigación, relativamente breve, no bastaba para encontrar todas las transiciones, y hubiera sido necesario, para conocer más exactamente éstas, levantar en escala grande el mapa geológico-petrográfico, se ha podido distinguir los tipos principales.

Todas las rocas graníticas que afloran en los alrededores de los yacimientos, difieren de la granitita normal por su contenido relativamente mayor de una plagioclasa ácida y por los indicios de alteración generales durante la cristalización del magma y los procesos neumatolíticos posteriores. Se puede considerar la roca principal caracterizada por una biotita clara, conteniendo casi siempre litina, como facies de constitución y clasificarla como *granitita alcalina*.

Basándose en las observaciones hechas en los alrededores de los yacimientos, en los socavones y los afloramientos naturales al lado de las sendas, se puede distinguir en la granitita alcalina, por lo menos, como facies de estructura cuatro variedades, es decir: 1) granitita de grano medio; 2) granitita de estructura porfírica; 3) granitita aplítica de grano fino y 4) segregaciones de granitita pegmatítica, (pegmatita magmática).

Estas variedades no están limitadas netamente, por lo menos no se han hecho observaciones en ese sentido. Son productos de la primera separación del mismo magma.

Los procesos, por los cuales se han formado los yacimientos, están ligados con la diferenciación del magma posterior. Aquí se pueden distinguir tres fases, según los conocimientos actuales, es decir: 1) la formación de granitita porfírica, de aplitas y de pegmatitas; 2) la alteración y transformación de estas rocas y de la granitita a greisen en ciertas zonas, y 3) la acción hidrotermal muy tardía.

Dentro de este cuadro se pueden separar convenientemente para la descripción, los siguientes grupos:

1. La granitita alcalina y sus variedades.
2. Los dikes de la diferenciación.
3. Los productos de la alteración y transformación por los procesos neumatolíticos.

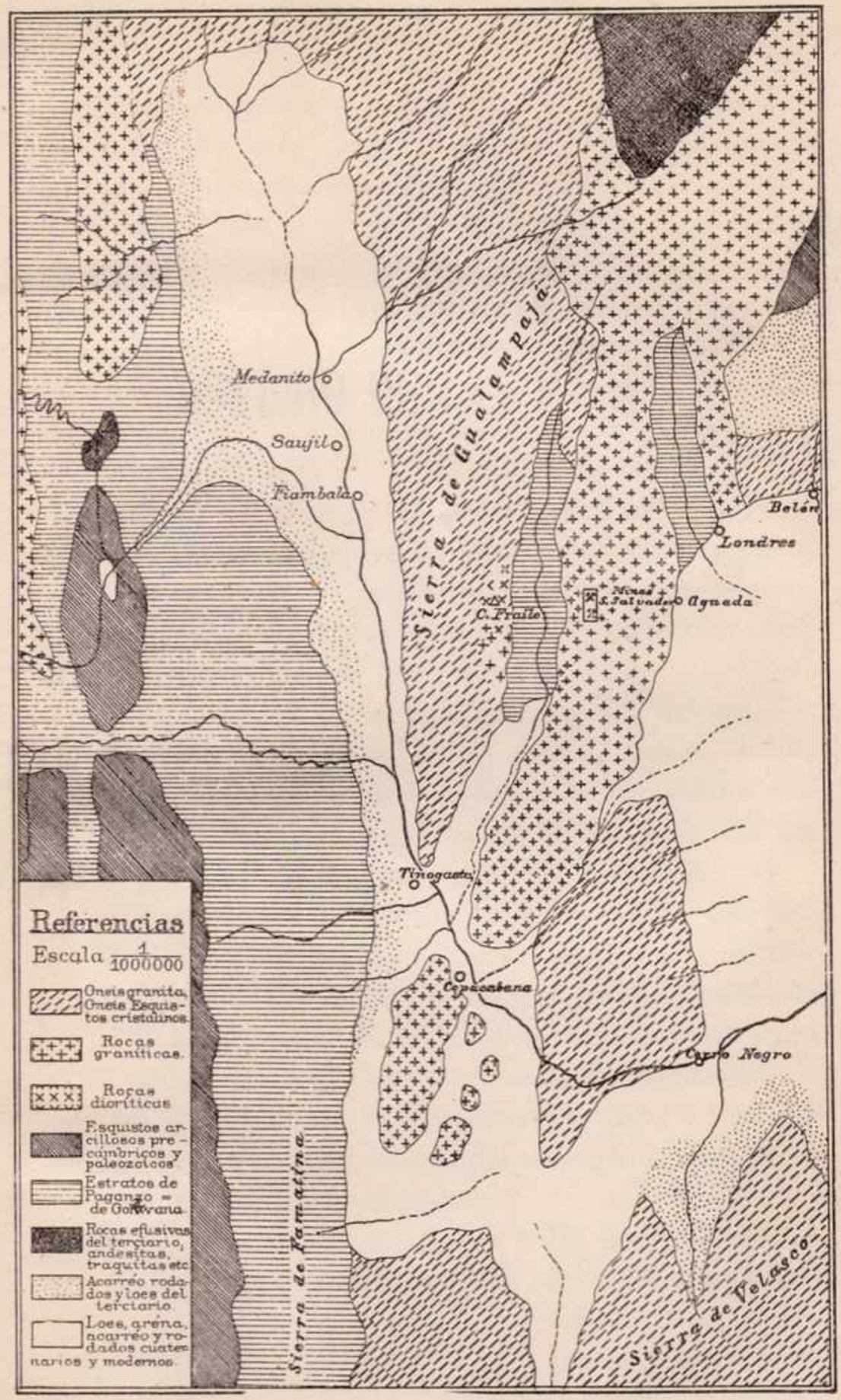


Lámina 2.

Bosquejo geológico de la Sierra de Gualampajá y alrededores, según Brackebusch, Stelzner y algunas observaciones del Dr. H. Keidel.

ESTUDIO DE LAS ROCAS

En esta parte nos ocuparemos del estudio químico y petrográfico de las rocas pertenecientes a los diferentes grupos mencionados anteriormente. No se han efectuado análisis de todos, sino de cinco de las más importantes de ellas.

La concordancia entre los datos químicos obtenidos por el análisis, con los petrográficos, es, en general, bastante grande y la correlación de ellos ha permitido sacar importantes conclusiones respecto a la naturaleza de los minerales que los constituyen y en algunos casos facilitaron el trabajo.

Es así, que habiendo demostrado la observación petrográfica, la presencia del topacio, sugirió la investigación del fluor en las rocas que lo contenían; la presencia de litio, constatada por el espectroscopio, permitió clasificar una mica del grupo de la biotita, como litionita; la ausencia del magnesio y el alto contenido en hierro, de un mineral que antes del exámen químico fué considerado como biotita, hizo que después de él, fuese clasificado como lepidomelano.

Sólo la ausencia del zirconio, en todas las rocas analizadas, no concuerda con la investigación petrográfica, que revela la existencia en ellas de la especie mineralógica zircón, lo que obliga a que se efectue nuevos estudios que aclaren tal contra sentido.

La granitita alcalina y sus variedades (1)

a) La granitita de grano medio

Esta roca aflora en los alrededores del socavón «Emina», en la parte meridional de la región estannífera, extendido desde aquí sobre todo en dirección norte.

La muestra investigada microscópicamente y cuyo análisis químico se transcribe más adelante, se recogió en el socavón «Emina» y puede tomarse como representante de esta variedad.

La roca de color gris amarillo claro, está compuesta de ortoclasa, plagioclasa, cuarzo y biotita.

La ortoclasa, muy caolinizada, es en gran parte pertítica. Las lentes de la pertita muestran bien las laminillas de maclas. La ortoclasa llena, principalmente, los intersticios.

La plagioclasa se presenta a menudo con contornos rectangulares y de menor tamaño que la ortoclasa; con maclas de la ley de la albita y de la periclina.

La plagioclasa es, según un corte: _ M P ⊥a . . . . 16.° *Albita*.

El cuarzo se encuentra en grandes granos y campos compuestos de varios individuos que se limitan en suturas. Muestra extensión ondulosa y encierra pequeños fragmentos y cristales de la albita.

La mica de color blanco se presenta en hojas y agregados de hojas de contornos muy irregulares, llenando aparentemente intersticios entre el cuarzo y los feldespatos. Está reabsorbido en sus bordes y además alterado, lo que se desprende claramente de la formación de esqueletos de granate y de granos de topacio.

---

(1) Las constantes ópticas de los feldespatos, fueron determinadas por el doctor Helge Backlund.

Incluye numerosos pequeños cristales de zircón que están rodeados por aureolas oscuras pleocroicas. Como esta mica pertenece al grupo de la biotita y la investigación espectroscópica demuestra la presencia de la litina, se trata de la litionita.

Como componente accesorio se puede considerar el topacio, que se ha formado dentro de los feldespatos; la litionita, en pequeños granos, llena los intersticios.

El análisis químico, dió el resultado siguiente:

Anhidrido silícico.		74,7400
Bióxido de titano.		0,00022
Bióxido de zirconio.		no contiene
Anhidrido carbónico.		no contiene
Anhidrido fosfórico.		0,1650
Azufre.		0,1063
Cloro.		0,1380
Fluor.		vestigios
Agua, sobre 105 C.	»	no contiene
Oxido alumínico.	»	13,8350
Oxido ferroso.	»	0,5320
Oxido férrico.	»	no contiene
Oxido manganoso.	»	0,3340
Oxido cálcico.	»	0,9400
Oxido bárico.	»	no contiene
Oxido magnésico.		vestigios
Oxido potásico.		4,3710
Oxido sódico.		4,8600
Litio, espectroscópicamente		positivo
		100,02152

b. Granitita alcalina de estructura porfírica

Esta roca se distingue macroscopicamente del tipo normal por la distribución y el tamaño de sus feldespatos. De la masa de los granos finos que a simple vista muestra, a menudo, aspecto sacaroideo, se destacan fenocristales de feldespato y grandes granos de cuarzo. El color es claro, entre gris rosado y gris rojizo. Fácilmente se puede reconocer transiciones que

conducen de la roca de grano medio y estructura normal a la roca francamente porfírica.

Las dos muestras descriptas aquí, están cerca de las extremidades de la serie.

La primera, cerca de la roca normal, se ha sacado del socavón «San Enrique» en la parte central; la segunda con grandes fenocristales, de la caja septentrional de la veta «San Ramón», en la parte meridional de la región estamífera.

Muestra del socavón «San Enrique»

La roca está compuesta de un feldespato de potasio, ortoclasa, plagioclasa, biotita y cuarzo.

El feldespato de potasio muestra estructura micropertítica. Es microclina pertítica.

La ortoclasa muy descompuesta de sustancia caolínica y pulverulenta, de color gris en los planos de los cortes, llena los intersticios o rodea los granos de la plagioclasa. Está jaspeada por la formación de pertita.

La plagioclasa se encuentra con preferencia en pequeños pero anchos granos idiomorfos de forma prismática. Tiene maclas bien limitadas, según las leyes de la albita de Karlsbad y de la periclina. Es relativamente fresca e incluye pequeños granos de granate y también de topacio.

Un corte $\perp \alpha$ . . . . . $-13{,}^{o} = 9\ ^{0}_{0}$ An.

$\gamma < n$, $B < n$ Albita

Las hojas de la biotita, de color pálido y en parte blanqueada, tienen tamaño reducido.

$$2\ V_x > 10{,}^{o}$$

Su alteración se desprende de la formación de granate en esqueletos. Además en su masa está distribuída magnetita en forma de polvo.

El cuarzo, componente predominante, se presenta en grandes granos de forma irregular y de extinción ondulosa a veces con tendencia a formar cristales idiomorfos. Además llena los intersticios entre los feldespatos. También en el cuarzo se hallan pequeños granos de topacio.

Este hecho, junto con la formación de granate, demuestra que la roca está alterada por la acción neumatolítica.

Muestra de la veta «San Ramón»

Esta muestra está compuesta por ortoclosa, en parte en forma de fenocristales, de plagioclasa, de biotita y de cuarzo. Los caracteres microscópicos son, en general, los mismos que los de la muestra del socavón «San Enrique».

El feldespato de potasio, «ortoclasa en la mayor parte», comprende grandes granos y muestra una estructura pertítica acentuada. Las laminillas de la pertita son bastante grandes y muestran maclas según la ley de la albita. La ortoclosa está descompuesta y caolinizada. De su masa se destacan claramente pequeños prismas de plagioclasa que incluye. Estas inclusiones están bastante inalteradas y muestran maclas. La plagioclasa es, según un corte:

M P a 10 11 °/

Albita.

La biotita en hojas de contornos muy irregulares por reabsorción y formación de topacio, está blanqueada. La investigación muestra la presencia de la litina. Se trata, pues, también aquí de litionita.

c) Granitita aplítica de grano fino

Esta facies tiene gran extensión en la parte media y norte de la región estannífera, limitándose aquí preferentemente con

la granitita porfírica e incluyendo segregaciones de estructura pegmatítica.

La roca difiere de las ya descriptas por su grano fino; pero mineralogicamente está compuesta como las otras facies.

La ortoclosa muy caolinizada muestra indicios de la estructura pertítica y llena principalmente los intersticios. Predomina entre los feldespatos.

La plagioclasa con tendencia marcada de formar cristales prismáticos está bien maclada, sobre todo según la ley de la albita. Está fresca.

La comparación de los índices de refracción del cuarzo y de la plagioclasa, da como resultado:

En posición cruzada: $\alpha' < \varepsilon$. $\gamma' > \omega$ 0 — 16 % An.

En posición paralela: $\alpha' < \omega$. $\gamma' < \varepsilon$ . . . . 0 — 22 % An

Comparación con el bálsamo: $\alpha' < n$. $\gamma' > n$

La plagioclasa es *Albita*.

El cuarzo se encuentra en gran cantidad. Compone granos de contornos redondos y llena, en gran parte, los intersticios.

La biotita en hojas irregulares llena los intersticios entre los otros minerales.

Como componentes accesorios se encuentran también aquí, además de poca magnetita, el granate y el topacio en granos o esqueletos dentro de la biotita o del feldespato.

Químicamente, tiene la siguiente composición:

Anhidrido silícico.	%	64,3100
Bióxido de titano.	»	0,0747
Bióxido de zirconio. . . .	»	no contiene
Anhidrido carbónico.	»	0,0880
Anhidrido fosfórico.	»	0,0574
Azufre.	»	0,2250
Cloro.	»	0,0790
Fluor.	»	vestigios
Agua, (sobre 105°) C.	»	0,4908
Oxido alumínico.	»	12,4526
Oxido ferroso.	»	7,7760
Oxido férrico.	»	3,7160
Oxido manganoso.	»	0,7254
Oxido cálcico. . .	»	1,1900
Oxido bárico. .	»	no contiene
Oxido magnésico	»	0,5212
Oxido potásico. .	»	6,0004
Oxido sódico.	»	2,2177
Litio, (espectroscópicamente).	»	positiva
		99,9242

d) Segregaciones pegmatíticas

Como ejemplo de estas segregaciones se pueden describir la granitita pegmatítica que aflora en la parte anterior del frontón «Quilmes» y que está representada también en otros muchos puntos, por ejemplo, a los dos lados de la senda que conduce de la parte central de la región estannífera a las excavaciones de la veta Quilmes.

La roca llama la atención, en el caso citado, por la particularidad de su estructura. Está compuesta de grandes feldespatos más o menos paralelos. Estos feldespatos se tocan y se confunden en sus márgenes y están separados, en grupos de dos o tres en forma de lente, por una red anastomosada de una roca de grano fino y color gris claro que, por su aspecto, es la granitita aplítica descripta.

Los grandes feldespatos están manchados por cambio de co-

lor desde el gris parduzco amarillo hasta el azul verdoso. Claramente sobresalen por su lustre los planos de exfoliación. Se puede reconocer a simple vista o con la lente de aumento, granos de cuarzo transparente diseminados por la masa de los grandes feldespatos y además hojitas de una mica oscura.

Bajo el microscopio se ve, que la mayor parte de la masa de los grandes feldespatos, es un feldespato de potasio que hace reconocer netamente la estructura microclínica y micropertítica. Generalmente ya está bastante caolinizada.

Incluídos en la microclina se hallan cristales, rectangulares en su mayor número, de una plagioclasa bien maclada que es una albita; además cuarzo en cristales bien idiomorfos o en campos de contornos irregulares y compuestos de varios individuos, que muestran indicios de la extinción ondulosa.

La mica oscura, que es biotita, está blanqueada como en los cortes ya descriptos, conteniendo también pequeños cristales de zircón con aureolas pleocroicas, esqueletos y granos de granate y topacio.

La red anastomosada que separa los grandes feldespatos, está compuesta de granos irregulares e idiomorfos de cuarzo, de cristales rectangulares y fragmentos de albita maclada, de feldespato de potasio con estructura microclínica y de la biotita blanqueada, llenando con preferencia estos dos minerales los intersticios entre los otros. Frecuentemente se halla topacio en pequeños granos. En esta roca se repiten los caracteres de la granitita aplítica.

Llama la atención la circunstancia de que la granitita pegmatítica en la pared del frontón Quilmes, está cortada por angostas grietas más o menos paralelas y distantes unas de otras desde pocos milímetros hasta 2 centímetros. Estas grietas, llenadas por una mica oscura, son tan regulares como si hubieran sido hechas con un cuchillo. Cortan las lentes paralelas de los grandes feldespatos y la roca aplítica de sus intersticios bajo un ángulo de 75 grados más o menos.

Esta roca limitada irregularmente hacia la granitita normal o porfírica hay que considerarla como un producto de la separación del magma durante la primera fase de cristalización.

De estas facies de estructura hay que distinguir los productos de la diferenciación del magma. De estos productos se puede describir aquí dikes de granitita porfírica que cruzan la roca materna, con capas bien nítidas, las pegmatitas en forma de vetas, como también las concentraciones pegmatíticas que, a menudo, contienen el mineral de estaño, sea como componente primario o introducido por los procesos neumatolíticos.

Los dikes y otros productos de la diferenciación

a) Dikes de granitita porfírica

Entre los dikes que cruzan la granitita, sobre todo en la dirección NE., llama la atención una roca de color gris claro hasta gris negro. Se la encuentra en varios sitios. Como representante de esta roca se ha investigado una muestra de los dikes que afloran al lado de la senda que conduce del socavón «Emina» al socavón «San Enrique». Los dikes se hallan aquí en la granitita normal, con espesores hasta de 3 centímetros.

A simple vista la roca parece densa. Algunos grandes granos de feldespato claro se deshacen de la masa, con contornos irregulares y difusos, además granos de cuarzo claro y, en cantidad reducida, una mica oscura en pequeñas manchas.

Por reducción del tamaño de los granos, en comparación con la roca materna, y concentración de uno o dos de los componentes, se producen, a veces, fajitas paralelas a las cajas. (Gebenderte Textur

Los componentes son los mismos que en la granitita. Clara-

mente se distinguen los fenocristales de la masa de grano fino de los mismos minerales. Entre los fenocristales el cuarzo y la plagiocasa se encuentran preferentemente en granos idiomorfos, la ortoclosa y la biotita con contornos irregulares. La biotita entre estos es escasa, llenando los intersticios de la masa, cuyo componente principal es el cuarzo.

La ortoclasa está aquí también bastante caolinizada, pero muestra todavía estructura microclínica. La plagioclasa, una albita algo más básica como en la granitita, está fresca. A menudo se hallan maclas, sobre todo según la ley de la albita.

La mica es biotita blanqueada. Contiene muchos pequeños cristales de zircón rodeados por aureolas oscuras pleocroicas, topacio y granate.

Algunos grandes granos de topacio y de granate sobresalen en el corte entre los demás componentes.

b) **Dikes de pegmatita y aplita**

Esta roca se ha encontrado en varios puntos, sobre todo a los dos lados del socavón «San Enrique», en las sendas que conducen de aquí a los primeros afloramientos de la veta «Quilmes» en el Norte y al socavón «Emina», en el Sud.

La roca llama la atención por la particularidad de su estructura y de su composición. Presenta uno de los casos, donde se confunden a veces, imperceptiblemente la aplita y la pegmatita. En los casos investigados, las vetas están constituídas de dos partes distintas, es decir: de fajas de una anchura desde pocos centímetros hasta varios decímetros, compuestas de una roca aplítica, y, de capas de cristales gruesos de cuarzo, de una mica oscura y de poco feldespato. Estas fajas y capas, alternan las unas con las otras.

No hay duda que, en lo que se refiere a la composición mineralógica, no hay diferencia esencial entre estas dos partes.

Lo que se ve es una diferencia de estructura. Esta ya queda comprobada por el hecho de que en las fajas aplíticas están intercaladas numerosas capitas onduladas y más o menos paralelas, de 1-2 mm. de espesor, que se componen como las capas de cristales gruesos, principalmente de granos de cuarzo y una mica oscura.

A simple vista la roca de las fajas aplíticas muestra grano fino y por eso un aspecto sacaroideo. Se destacan de ella granos de cuarzo de un tamaño de 2-3 mm. y escasas hojitas de una mica oscura. El color total, en que dominan los feldespatos, es gris rosado claro.

En los cortes se ve que el componente principal es el cuarzo. Se halla en granos sobresalientes, los que se pueden distinguir bien ya macroscopicamente, en pequeños fragmentos que llenan los intersticios o encierran los otros minerales, sobre todo la plagioclasa. La mayor parte de los granos del cuarzo tienen contorno irregular y hacen reconocer los primeros indicios de la extinción ondulosa. El feldespato de potasio está considerablemente descompuesto. La ortoclasa está alterada y transformada en una masa caolínica; y por los restos de la estructura se puede ver que hay también micropertita. La plagioclasa está todavía bastante fresca. Se halla en pequeños granos de contornos irregulares y en granos con cortes rectangulares, llenando los intersticios entre el cuarzo o encerrado en éste. La plagioclasa maclada, a menudo es albita. La mica blanqueada no se puede distinguir opticamente de la biotita clara que se observa entre los componentes de la granitita y sus derivados. Se halla en pequeñas hojas de contornos muy irregulares.

La freeuencia del topacio en granos, es notable. Donde se halla al lado de la mica, invadiendo este mineral por entradas digitiformes, se puede averiguar que la ha substituido en parte, por el hecho de que encierra pequeños cristales rosados de zircón que antes estaban incluidos en la mica.

En las capas compuestas de gruesos cristales de cuarzo, mica y feldespato, el componente principal es el cuarzo. Es de color blanco o gris blanco opaco y encierra la mica y el feldespato.

La mica en las muestras estudiadas parece verdosa oscura en las hojas de algún espesor, pero casi incolora, con fuerte lustre en delgadas láminas de exfoliación según c 001. La pequeña abertura del ángulo de 2 E y la posición de los ejes ópticos sobre el rayo principal de la figura de percusión, las caracterizan como una mica de la segunda especie, y como además la investigación espectroscópica demuestra claramente la presencia de la litina, se trata de la litionita. Esta mica, además de la base predominante, hace reconocer caras de una pirámide.

En la otra veta de pegmatita, idéntica por su estructura y el cambio entre aplita y pegmatita, que se halla al lado de la senda que conduce de la casa de la mina al socavón «San Enrique», la mica oscura, casi negra verdosa, se distingue de la descripta. La flexibilidad ha desaparecido casi completamente, y bajo el microscopio se reconoce que está alterada en gran parte por limonita.

Sin embargo, del análisis químico siguiente, se puede deducir que se trata de lepidomelano.

Anhidrido silícico.	43,5500
Bióxido de titano.	0,4855
Bióxido de zirconio.	no contiene
Anhidrido carbónico.	vestigios
Anhidrido fosfórico.	0,0630
Azufre	0,5083
Cloro.	vestigios
Flúor.	vestigios
Agua, sobre 105	0,8580
Oxido alumínico.	16,9571
Oxido ferroso.	0,8640
Oxido férrico.	28,2800
Oxido manganoso.	0,3200
Oxido cálcico.	0,2830
Oxido bárico.	no contiene
Oxido magnésico	vestigios
Oxido potásico.	6,9241
Oxido sódico.	1,4583
Litio, (espectroscópicamente).	positiva
	100,5513

c) Pegmatitas de forma irregular

Estas pegmatitas afloran en muchos sitios. La mayor parte de los yacimientos explotados está ligado con ellas o se encuentra en sus alrededores inmediatos.

Los afloramientos donde no hay o aparentemente no hay casiterita, son raros e insignificantes. Como ejemplo de estos casos se puede citar el resto de una veta irregular de pegmatita que aflora en la pared derecha de la galería que conduce del socavón inferior de la veta «San Ramón» hacia el SE. Está compuesta de cuarzo blanco opaco, de feldespato de potasio gris colorado y de una mica del grupo de la biotita.

Entre los otros afloramientos hay que distinguir los que tienen casiterita y cuyos minerales no están alterados de los que muestran una alteración tan adelantada que se puede conside-

rar el producto final como greisen. De las pegmatitas de esta clase que se distinguen de las del tipo de la veta «San Ramón» unicamente por la presencia de la casiterita o por su alteración y la formación de minerales nuevos, por la acción de los mineralizadores durante la fase neumatolítica principal, se puede citar muchos ejemplos.

De las distintas transiciones vamos a considerar aquí solamente aquellas cuyo feldespato no ha sido substituido por los minerales neumatolíticos hasta la formación del greisen verdadero y cuya mica no esté muy alterada. Las otras transiciones, que se observan en el sitio que ocupaban como componentes primarios, el feldespato y la mica, los minerales neumatolíticos sobre todo cuarzo, topacio y casiterita, se pueden considerar como greisen. Esta separación es artificial, pues por el proceso de la greisenización, son alterados conjuntamente, la granitita y sus derivados. El límite conveniente para la descripción se puede trazar allí donde por la infiltración de cuarzo, la formación de topacio, etc., en el sitio de los feldespatos y de la mica, la roca se ha endurecido tomando el aspecto del greisen típico.

Como ejemplo se puede describir los restos de pegmatita alterada en la veta del Rajo de los Cristales. Lo que aquí se reconoce a primera vista, es la transición de pegmatita, cuyo feldespato de potasio, (microclina), está poco alterado a productos de la transformación neumatolítica, en los cuales el feldespato está transformado en caolinita de color blanco verdoso que incluye cristales de topacio, casiterita y a veces también, de fluorita. Llama la atención la circunstancia que, mientras el feldespato está alterado la mica oscura parece poco o nada transformada. Se la encuentra concentrada en nidos irregularmente limitados. Aquí la roca es blanda y friable. La mica, que es litionita, predomina. Las láminas paralelas a la base están sobrepuestas frecuentemente de tal manera que

resulta un prisma de contorno aparentemente hexagonal, probablemente por las caras 0 1 0 y 1 1 1.

El feldespato, completamente caolinizado, llena los intersticios. Además se reconoce granos de cuarzo y topacio. En otras transiciones la alteración de la mica ha adelantado y está substituida en parte por topacio. Donde la acción neumatolítica ha sido más fuerte, se puede observar en la masa del cuarzo blanco-opaco, individuos incompletamente cristalizados. En esta serie de transiciones se puede considerar como uno de los últimos productos, las pegmatitas, alteradas en tal grado, que resulta una roca friable, cuyo feldespato está caolinizado y cuyo cuarzo y mica están reemplazados casi completamente por topacio y casiterita.

Greisen

De estos derivados se distingue el greisen típico por su dureza. Su contenido en ácido silícico es siempre alto. Su color es gris verdoso o gris oscuro, siendo a veces casi negro. Se lo encuentra en la mayor parte de los afloramientos, sea como derivado de la pegmatita o de la granitita. En general el greisen se presenta en vetas y fajas no bien limitadas, cruzando la granitita independientemente de sus derivados; en otros sitios los acompaña y aquí a veces se observa que, en su vecindad, la pegmatita no ha sido alterada.

De los numerosos afloramientos se puede describir tres tipos: el primero, procedente de la parte Sud de la veta «Quilmes», el segundo, del chiflón «Quilmes» y el tercero del socavón «Emina».

a) Greisen de la parte Sud de la veta Quilmes

Se puede ver que aquí el greisen es el derivado de una granitita francamente porfírica.

Macroscopicamente la roca ofrece todavía casi el aspecto de la roca materna y se puede distinguir todas las transiciones, desde la granitita, relativamente poco alterada, hasta un greisen, en que toda la masa entre los grandes fenocristales está reemplazada por los minerales neumatolíticos.

Bajo el microscopio se ve que también los fenocristales de la microclina están muy alterados. Apenas se reconoce su estructura característica, a pesar de que a simple vista, en la muestra se reconoce facilmente, por el lustre de sus planos de exfoliación. Los fenocristales están reabsorbidos en sus bordes y por eso se confunden con los minerales que llenan sus intersticios. En su interior están perforados o reemplazados en parte considerable, por granos aislados de topacio, de cuarzo y una mica de un color parduzco sucio claro.

La masa que rodea los fenocristales alterados y que macroscopicamente tienen un color oscuro, está compuesta de granos irregulares de cuarzo, perforados por granos de topacio y por hojas de una mica clara, además de topacio en pequeños granos y de mica en hojitas y en fin, de cristales de casiterita.

Claramente se puede ver que la mica, blanqueada y alterada que, por la pequeña abertura de 2 V es una mica de la serie de la biotita, está reemplazada en gran parte por la casiterita.

b) Greisen del chiflón «Quilmes»

El afloramiento de este greisen se presenta como una veta en la dirección general de la veta «Quilmes» y con inclinación hacia el poniente.

Está rodeada por granitita porfírica en su base y por granitita de grano medio en la parte superior y pasa a estas rocas una zona de cuarzo.

El greisen en la parte media de la veta tiene color verduzco-negro. Macroscopicamente se distinguen granos de cuarzo.

agregados de una mica oscura, granate rojo parduzco y topacio.

Bajo el microscópio se ve grandes campos de cuarzo perforados por granos aislados de topacio y hojitas de la mica. La mica blanqueada está concentrada preferentemente, en agregados de escamas finas. Es una mica de la serie de la biotita, quizás litionita. Se puede reconocer que otra mica, que es probablemente la muscovita, ha reemplazado en parte a los feldespatos. Donde ha sucedido esto, se observa también granate en esqueletos y granos e inclusiones de un mineral negro opaco (magnetita).

En algunas partes el topacio compone agregados de pequeños granos isométricos.

El análisis químico de esta roca, dió el resultado siguiente:

Anhidrido silícico.	%	78.2300
Bióxido de titano.	»	0.0498
Bióxido de zirconio.	»	no contiene
Anhidrido carbónico. . .	»	no contiene
Anhidrido fosfórico.	»	0.1176
Azufre. . . .	»	0.1918
Cloro.	»	vestigios
Fluor.	»	vestigios
Agua. (sobre 105°) C.	»	0.2344
Oxido alumínico.	»	9.8204
Oxido ferroso.	»	1.0440
Oxido férrico.	»	0.2320
Oxido manganoso.	»	0.3255
Oxido válcico.	»	1.7000
Oxido bárico. .		no contiene
Oxido magnésico .	»	no contiene
Oxido potásico.	»	4.4290
Oxido sódico.	»	3.5245
Litio, (espectroscópicamente).	»	positiva
		99.8990

c) Greisen del Socavón Emina

El greisen del socavón Emina, es de color más claro.

Macroscopicamente se distingue cuarzo y agregados de una mica gris verdosa. Bajo el microscopio se reconoce que está compuesta principalmente de cuarzo y de una mica blanqueada. Además se ve pequeños granos de topacio en el cuarzo.

Granate se halla dentro de los agregados de la mica, en pequeños granos irregularmente limitados o en esqueletos. La mica, con $2V = 15° \pm$, es una mica de la serie de la biotita.

La investigación espectroscópica muestra la presencia de la litina, pudiendo pues considerarla como litionita.

Muchas de las hojas contienen pequeños cristales de zircón con aureolas pleocroicas oscuras. Casiterita no se encuentra.

El análisis químico dió el siguiente resultado:

Anhidrido silícico. .	%	59,6900
Bióxido de titano.	»	0,0597
Bióxido de zirconio.	»	no contiene
Anhidrido carbónico.	»	vestigios
Anhidrido fosfórico.	»	0,0987
Azufre.	»	0,3249
Cloro.	»	vestigios
Fluor.	»	vestigios
Agua, (sobre 105°) C. .	»	1,1300
Oxido alumínico. . . .	»	20,4416
Oxido ferroso. . .	»	3,2040
Oxido férrico.	»	6,0400
Oxido manganoso. . .	»	1,2090
Oxido cálcico.	»	1,0100
Oxido bárico.	»	no contiene
Oxido magnésico	»	vestigios
Oxido potásico.	»	5,3863
Oxido sódico.	»	1,3708
Litio, (espectroscópicamente). . .	»	positiva
		99,9650

ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS ROCAS

Preparación de las rocas para su análisis

Para efectuar los análisis elegimos los trozos más frescos, tomando 20 a 30 grs. de cada uno, que se envolvieron en un papel blanco y fuerte y pulverizaron groseramente mediante un martillo sobre una plancha de acero; los restos de papel adherentes, como también las partículas más finas de las rocas, se separaron cuidadosamente. Los pedacitos más gruesos se trituraron en mortero de acero endurecido. Para evitar que se mezclaran al polvo partículas de hierro, se tuvo cuidado de golpear la mano del mortero con una maza de madera y no con un martillo.

Para obtener una muestra que representara bien el término medio de cada roca, se tomaron 10 grs. aproximadamente del polvo grueso obtenido con el mortero y se pulverizó en proporciones de $\frac{1}{2}$ a 1 gramo en mortero de ágata hasta reducirlo a polvo finísimo. Una vez pulverizadas, se secaron las muestras manteniéndolas, hasta constancia de peso, en una estufa a 105-110° C y se conservaron en recipientes pequeños, herméticamente cerrados.

Temiendo que en las muestras conservadas así, pudiera variar la homogeneidad de las mismas, debido a que las partículas más pesadas fueran al fondo, se agitaban los frascos cada vez que era necesario extraer una cierta cantidad para las diferentes operaciones analíticas.

Disgregación de las rocas, mediante el carbonato sódico

Para efectuar esta operación hay una serie de métodos que se emplean desde hace mucho tiempo y otros que se han propuesto en los últimos años.

El método de disgregación más antiguo y generalmente empleado, consiste en fundir la roca pulverizada con un gran exceso de carbonato sódico o bien con una mezcla de éste y carbonato potásico: la ortoclasa,, p. ej., se descompone de la siguiente manera:

$$2KAlSi_3O_8 + 6Na_2CO_3 = K_2CO_3 + Al_2O_3 + 6Na_2SiO_3 + 5CO_2$$

Se forma por lo tanto, el silicato alcalino y los óxidos o carbonatos respectivos de las bases; al tratarlos con agua y ácido clorhídrico, estas últimas se disuelven, mientras se separa la sílice. Con este método, que es el usado por nosotros, es necesario determinar a parte los álcalis.

Para determinar el anhídrido silícico, el bióxido de titano, el bióxido de zirconio, el óxido de aluminio, óxido de hierro, óxido de manganeso, óxido de calcio y óxido de magnesio, se pesa una cantidad de la roca como hemos indicado—(aproximadamente un gramo)—y se mezcla dentro de un crisol de platino con seis veces su peso de carbonato sódico anhídro (1), haciendo uso de una espatulita de platino, que al final

---

(1) La pureza del carbonato sódico empleado, fué determinada anteriormente, resultando exento de anhidrido silícico, alúmina, hierro, calcio y magnesio.

se limpia con otro poco de carbonato de sodio a fin de evitar pérdidas del mineral.

Es preferible el uso del carbonato sódico al de la mezcla de los dos carbonatos (sodio y potasio), pues la acción del carbonato sódico solo es más intensiva, por ser más elevado su punto de fusión.

El crisol cubierto con su tapa, se calienta primero con una llama pequeña durante unos diez minutos y después sobre la llama grande de un mechero Teclu y por último ¼ a ½ hora al soplete hasta cesación completa del desprendimiento de anhídrido carbónico, es decir, cuando el ataque haya concluído. Se calcinan las paredes laterales del crisol y la tapa del mismo, para disgregar las partículas arrojadas durante la operación.

Cuando toda la masa esté en estado de fusión tranquila, se da por terminada la disgregación, se toma el crisol con unas pinzas de puntas de platino y al empezar la solidificación se introduce el fondo del crisol en agua fría, para facilitar la separación de la masa de las paredes del crisol. El producto de la fusión se introduce en un vaso de precipitación. Las partes aún adheridas al crisol, se separan con agua caliente y un poco de ácido clorhídrico diluído, reuniéndolas con el resto del producto.

Anhídridido silícico

Para separar la sílice y disolver las bases, se agrega unos 60 c. c. de ácido clorhídrico concentrado, cubriendo el recipiente con un vidrio de reloj y se calienta, revolviendo de vez en cuando, hasta desaparición de toda partícula dura. De esta manera las bases se disuelven mientras la sílice en parte se separa en copos y en parte queda soluble. En presencia del manganeso el producto de la fusión es verde y la

solución rosada; es necesario calentar en este caso hasta desaparición del color rosa, lo que se obtiene más rápidamente agregando algunas gotas de alcohol, el cual reduce el permanganato formado.

Para insolubilizar la sílice se pasa el contenido del vaso en una cápsula grande de platino y se evapora a sequedad, hasta que el residuo tenga solamente una coloración amarillo pálido y no se note más el olor de ácido clorhídrico. Se deja una hora más la cápsula sobre el baño maría y después de enfriada se agrega unos diez c. c. de ácido clorhídrico concentrado. Después de unos quince minutos de contacto se agrega unos 100 c. c. de agua caliente manteniendo el todo por unos quince minutos a baño maría, revolviendo de vez en cuando. Se separa entonces la sílice por filtración y se lava repetidas veces con agua caliente hasta que una pequeña parte del líquido filtrado no de con el nitrato de plata ninguna reacción de cloro. El filtrado se evapora de nuevo a sequedad, en la misma cápsula de platino siguiendo el mismo procedimiento.

Para mayor seguridad de que se insolubilice toda la sílice, se calienta el residuo seco durante un cuarto de hora en una estufa de aire entre 110 y 120° C.

Tratando luego con ácido clorhídrico y agua quedan aun pequeñísimas cantidades de sílice, que se recoge sobre un filtro y lava perfectamente. Ambos filtros con la sílice se introducen, aun húmedos, en una cápsula de platino y se calcinan, primero sobre un mechero Bunsen y por último al soplete por 5-10 minutos y hasta constancia de peso, con el fin de eliminar completamente el agua.

Como la sílice así obtenida no puede considerarse completamente pura, por contener a veces vestigios de ácido titánico si la roca lo contuviere o de óxidos de aluminio y de hierro, se agrega a la sílice, después de pesada, unas diez a

quince gotas de ácido sulfúrico diluído y 5 a 10 cc. de ácido fluorhídrico químicamente puro y se procede a evaporar el contenido de la cápsula de platino, puesta sobre un cartón de amianto y calentada primeramente con llama pequeña, hasta eliminar todos los vapores de ácido sulfúrico. Al residuo formado por las impurezas, se le agrega unas partículas de carbonato de amonio y se calienta para eliminar completamente el ácido sulfúrico, aumentando paulatinamente la temperatura. El peso de las impurezas se restan de la sílice encontrada anteriormente. La diferencia nos da *el anhídrido silícico puro.*

Hierro, aluminio, titano, zirconio, manganeso y anhídrido fosfórico

(Precipitación con el amoniaco)

El líquido filtrado que resulta de la separación de la sílice, se concentra hasta reducirlo a unos 200 cc. aproximadamente, se lleva a la ebullición en un vaso de precipitación, se retira del fuego, se le agrega 10 cc. de una solución concentrada de cloruro amónico, para retener en lo posible la magnesia en solución y de 5 a 10 cc. de peróxido de hidrógeno en solución al 3 % y luego se precipita con un pequeño exceso de amoníaco libre de carbonato, porque de lo contrario precipitaría algo del óxido de calcio.

El precipitado gelatinoso formado, el cual está constituído por alúmina, óxido de hierro , ácido titánico, óxido de zirconio, bióxido de manganeso y ácido fosfórico, (generalmente bajo forma de fosfato de aluminio), pudiendo contener, además, algo de cal y de magnesia, se recoge sobre un filtro y se lava 6 a 8 veces con agua hirviendo, teniendo

cuidado de revolver cada vez el precipitado mediante la misma agua que se proyecta por medio de una piseta.

Como este precipitado encierra, por lo general, pequeñas cantidades de calcio, magnesio y aun álcalis, es necesario redisolverlo y volver a precipitar. Para esto, se introduce el filtro con precipitado en el mismo vaso usado anteriormente, se le agregan de 5 a 10 cc. de ácido clorhídrico concentrado y se calienta hasta que el precipitado se haya disuelto completamente y que el papel sea reducido a papilla. Entonces, y sin separar las partículas del filtro, se vuelve a precipitar en caliente con amoníaco, algo de cloruro de amonio y algunos c.c. de peróxido de hidrógeno. Se mantiene algunos minutos a la ebullición, a fin de que el aluminato de magnesio que pudiera haber, se descomponga, teniendo cuidado que siempre haya un pequeño exceso de amoníaco, porque de lo contrario habría disociación del cloruro amónico y una parte del precipitado se disolvería.

Se filtra y lava perfectamente el precipitado. Aun húmedo se lleva en la misma cápsula de platino que contiene el residuo de la evaporación de la sílice y se calcina, evitando de elevar mucho la temperatura, porque de lo contrario sería difícil de disolver los óxidos, más adelante.

El residuo de la calcinación no forma granos duros, sino que está constituído por un polvo pardo extremadamente fino, debido a las partículas de papel de filtro que envolvían el precipitado, consiguiéndose de tal manera atacar más tarde con suma facilidad el residuo con el hidrato sódico. (Véase más adelante).

El precipitado puede ahora contener alúmina, óxido férrico, óxido salino de manganeso, bióxido de titano y bióxido de zirconio, además alúmina, óxido férrico, óxido de calcio y óxido de magnesio, combinados al ácido fosfórico.

Siendo las rocas analizadas muy pobres en fosfatos, puede

hacerse caso omiso del ácido fosfórico en la separación de los óxidos que se va a efectuar.

Separación de los óxidos precipitados con amoníaco

(Fusión con hidrato sódico)

Para la separación se funden los óxidos con hidrato sódico purísimo, en crisol o cápsula de plata; extrayendo con agua quedan insolubles, el óxido de hierro y el bióxido de titano (bajo forma de metatitanato sódico), el bióxido de zirconio, óxido salino de manganeso, óxido de calcio y óxido de magnesio, mientras el óxido de aluminio y el anhídrido fosfórico, combinados al sodio, quedan solubles.

Es preferible este método al del tratamiento con hidrato sódico o potásico en soluciones acuosas, pues con la fusión se obtienen resultados mejores y además no es necesario redisolver los óxidos con ácido clorhídrico.

El residuo pulverulento de los óxidos, obtenido de la manera indicada, se introduce en un crisol de plata de unos 4 a 5 centímetros de diámetro y se le recubre con 4 a 6 gramos de hidrato sódico libre de hierro, preparado del sódio metálico. Se calienta primero suavemente, para eliminar la humedad y el agua producida por la reacción, luego se aumenta la temperatura y se mantiene al rojo por unos diez minutos, agitando de vez en cuando con cuidado, para que todas las partículas del precipitado sufran la acción del ataque.

Después del enfriamiento se lleva el crisol a una cápsula de porcelena en la cual se pone agua caliente y se hace disolver el producto de la fusión.

Los últimos vestigios de óxido de hierro que quedan adheridos al crisol de plata, se disuelven en un poco de ácido clorhídrico diluído y se añaden al líquido alcalino de la cáp-

sula de porcelana. En el caso de existir en el líquido compuestos oxidados solubles de manganeso, como manganatos y permanganatos, se hacen insolubles, al estado de bióxido de manganeso, agregando algunos cc. de peróxido de hidrógeno y calentando a baño maría.

Todo el óxido de hierro y de manganeso se depositan en el fondo en forma de precipitado pardo oscuro y se pueden filtrar fácilmente. Después de calentar por un cuarto de hora se filtra el líquido alcalino superior a través de un filtro grande de 15 centímetros de diámetro. se lava repetidas veces el precipitado con agua hirviendo y se filtra por decantación; por último se vierte también el precipitado sobre el filtro y se lava con agua caliente. Con el filtrado, *Líquido alcalino A,* se procederá como se indicará más adelante.

Hierro, manganeso, titano y zirconio

El óxido de hierro, etc., que queda sobre el filtro, retiene bastante cantidad de álcalis y por lo tanto, si se calcinara, se obtendría un peso demasiado elevado. Por lo tanto se vuelve a disolver el precipitado con ácido clorhídrico diluído y caliente sobre el mismo filtro. Generalmente queda insoluble un poco de cloruro de plata, (procedente del crisol de plata), el que se elimina por filtración. En el líquido filtrado se agrega un exceso de amoníaco y algunos cc. de peróxido de hidrógeno, para obtener completa precipitación del manganeso. Es indispensable un exceso de amoníaco para disolver el resto de cloruro de plata el cual, como se sabe, es algo soluble en cloruro férrico. Para obtener después de la calcinación el óxido de hierro en forma pulverulenta fina, es conveniente agregar antes de la filtración un poco de papel de filtro, reducido a papilla previamente por agitación fuerte con agua. De este modo se obtiene, además, una filtración más rápida y es más fácil el lavado del precipitado.

Se lava el precipitado con agua caliente hasta que una porción del filtrado, acidulada con ácido nítrico, no de más reacción de cloro. Si no se eliminaran completamente los cloruros, durante la calcinación se obtendría, por doble descomposición, cloruro férrico volátil. El filtro con el precipitado se introduce húmedo aun, en crisol de platino, se incinera y se calcina al rojo el residuo formado por óxido férrico, óxido salino de manganeso, bióxido de titano y bióxido de zirconio. Luego se pesa.

El filtrado último obtenido, se acidula con ácido acético, se concentra y se investiga el calcio con oxalato amónico y en el filtrado de éste, el magnesio con fosfato sódico y amoníaco. En el caso de obtener precipitados, se agregan estos, más tarde, a los precipitados principales de oxalato cálcico y de fosfato-amónico-magnésico, respectivamente.

Si las rocas contienen ácido titánico y óxido de zirconio, estos se encuentran con el óxido de hierro, bajo forma de sales sódicas insolubles, formadas durante la fusión con el hidrato sódico, y han sido, por lo tanto, precipitadas nuevamente con amoníaco bajo la forma de óxidos hidratados.

Separación del titano, hierro y manganeso, en ausencia del zirconio

Como en ninguna de las rocas estudiadas por nosotros, ha sido constatada la presencia del zirconio y sí la del titano, hemos adoptado el siguiente procedimiento para la separación del hierro, manganeso y titano.

El residuo de los óxidos, pesado, se mezcla en el mismo crisol con 20 veces, aproximadamente, su peso de sulfato ácido de potasio, previamente secado y fundido, y se cubre el todo con otra capita del mismo. Se tapa ligeramente y se calienta débilmente primero, aumentando paulatinamente la

temperatura y manteniendo por algún tiempo al estado de fusión tranquila al rojo sombra, evitando una temperatura excesiva, que descompondría el bisulfato de potasio.

A fin de que el anhidrido sulfúrico contenido en este último, pueda actuar en forma disolvente sobre el óxido de hierro, es necesario que la fusión se efectúe lo más lentamente posible; generalmente dura de 1 a 2 horas.

Cuando el contenido sea claro, se retira del fuego. Por acción del bisulfato fundido, y del respectivo pirosulfato que se forma, se obtienen los sulfatos de hierro, manganeso y titano, solubles en agua.

Una vez enfriado, se lleva el crisol a un vaso de precipitación y se trata con agua fría. Cuando el producto de la fusión se haya disuelto, lo que generalmente tiene lugar al día siguiente, se lava el crisol y su tapa con agua, y se filtra la solución si tiene algún residuo. Si éste es blanco, puede ser sílice procedente de los recipientes y no hay que tenerlo en cuenta. Para convencerse que sea sílice, se evapora con ácido fluorhídrico y algunas gotas de ácido sulfúrico. Si el resíduo es coloreado, se seca y se vuelve a fundir con bisulfato de potasio, procediendo como antes.

Acido titánico

Determinación colorimétrica (1)

En la solución obtenida se puede precipitar por ebullición cuantitativamente el ácido titánico bajo forma de TiO_2, o bien se puede determinar colorimetricamente. Nosotros, en vista de las muy pequeñas cantidades de títano contenidas en las

(1) Según A. Weller: Berichte der Deutschen Gesllschaft 1.2592 (1882).

rocas analizadas, hemos seguido el método colorimétrico, que se basa sobre la mayor o menor intensidad de la coloración amarillo-anaranjada, que provoca el peróxido de hidrógeno en una solución acidulada de ácido titánico, y que se debe a la formación de TiO_3.

La intensidad de la coloración es proporcional al contenido en ácido titánico. En presencia de cromo, vanadio y molibdeno, el método no es exacto, pues estos cuerpos dan también reacciones coloreadas con el agua oxigenada.

En nuestro caso el método es perfectamente aplicable, dada la ausencia de esos elementos.

El hierro en pequeñas cantidades no influye, para cantidades elevadas se efectúa una corrección sobre la cifra obtenida para el titano. La acción colorante de 0.1 grs. de sesquióxido de hierro en 100 c. c. de solución sulfúrica al 5 %, corresponde apenas a grs. 0.0002 de TiO_2, es decir, que puede despreciarse en nuestro caso.

Para evitar que en la solución analizada se forme ácido metatitánico, que no es coloreado por el peróxido de hidrógeno (1), es necesario que contenga por lo menos 5 % de ácido sulfúrico.

Como líquido de comparación, sirve una solución de ácido titánico de concentración conocida. Se toma con este objeto, 0.6003 grs. de fluotitanato de potasio, K_2TiF_6 (correspondiente a 0.2 gr. de TiO_2), previamente recristalizado y secado a 105° hasta constancia de peso, se introducen en un crisol de platino, se evapora repetidas veces con ácido sulfúrico concentrado, se agrega luego algunos grs. de bisulfato de potasio y se calienta por mucho tiempo al rojo sombra, hasta obtener una fusión clara. Una vez frío, se disuelve el contenido del crisol en agua fría, y la solución se introduce en un ba-

(1) Hillebrand, *Some principles and methods of rock analysis*. Bulletin of United States Geological Survey. N.° 176, p. 68.

loncito aforado de 200 c.c., se agrega de 6 a 8 c.c de ácido sulfúrico concentrado y se completa con agua hasta la línea que marca 200.

Cada c.c. de esta solución contiene 0.001 gr. de TiO_2.

Para cada ensayo se ponen 10 c.c. de esta solución en un baloncito aforado de 100 c.c., se agregan algunos c.c. de solución al 3 % de peróxido de hidrógeno puro. se completa hasta la línea y agita bien. De esta solución tipo, cada c.c. corresponde a 0.0001 gr. de TiO_2.

Para efectuar el dosaje colorimétrico, se agrega a la solución obtenida anteriormente de la fusión con el bisulfato de potasio, algunos c.c. de peróxido de hidrógeno, hasta tanto no se observe más aumento de coloración. Se lleva dicha solución a un balón aforado de 250 o 500 c.c., según la intensidad de color y se agrega tanto ácido sulfúrico como sea necesario, para obtener una solución al 5 %, se completa con agua y se agita. La intensidad de color de la solución así obtenida, se compara con la del tipo preparado, sirviéndose para el caso de uno de los tantos colorímetros adecuados al efecto. Nosotros hemos empleado el de Dubosq. Por medio de un simple cálculo, se obtendrá directamente el porcentaje de TiO_2, en la roca estudiada.

Determinación del manganeso

Concluída la determinación anterior, se reune la solución analizada, contenida en el cilindro del colorímetro, al resto contenido en el balón, y se le pasa a un vaso grande de Jena, se neutraliza casi todo el ácido mediante amoníaco, y al líquido aun ligeramente ácido se añaden de 20 a 40 c.c. de una solución al 10 % y filtrada de persulfato de amonio y se calienta por varias horas al baño maría. Todo el manganeso se separa así bajo forma de superoxhidrato y después de depo-

sitado se puede recoger sobre un filtro. El filtrado contiene solamente el hierro.

El manganeso precipitado no es, sin embargo, completamente puro, sino que contiene siempre algo de hierro y además un poco de ácido titánico; para separarlos hemos usado el método al acetato.

Se disuelve el pequeño precipitado con ácido clorhídrico caliente y concentrado, sobre el mismo filtro, se filtra en un vaso de precipitación de unos 200 c.c. de capacidad, y se agrega en frío tanta solución diluída de hidrato sódico puro, hasta obtener una opalescencia permanente. Se elimina esta con un poco de ácido clorhídrico diluido, se agregan 1-2 gr. de acetato amónico, se diluye con 50 a 100 c.c. de agua hirviendo, se hierve algunos minutos, se filtra inmediatamente y se lava el precipitado de hidrato férrico con agua caliente.

En el filtrado se precipita el manganeso bajo forma de bióxido por un prolongado calentamiento a baño maría, con amoníaco y solución de persulfato amónico. Se filtra, se lava perfectamente el precipitado, se incinera y calcina al aire y se pesa bajo forma de óxido salino de manganeso. En el análisis, se calcula como MnO, multiplicando el peso obtenido por 0,9301.

La solución del residuo en ácido clorhídrico caliente, no debe dar con sulfocianuro de potasio, más que una coloración apenas rosada; de lo contrario el manganeso contendrá aún bastante hierro y será necesario repetir toda la operación.

Hierro

En el filtrado ácido principal, después de separado el manganeso y después de concentrar el líquido, se precipita el hierro con amoníaco, y se calcina junto con el hidrato obtenido

en la separación con el manganeso mediante el método al acetato, y se pesa como Fe_2O_3.

Casi con la misma exactitud se obtiene la cantidad del sesquióxido de hierro, de la suma de hierro, manganeso y titano, por diferencia.

También, como veremos más adelante, puede determinarse el hierro volumetricamente con permanganato potásico, después de reducir la solución con ácido sulfhídrico.

Alúmina y ácido fosfórico

El filtrado alcalino-A-, obtenido después de la fusión con hidrato sódico, y que contiene además de alúmina y ácido fosfórico, también rastros de ácido silícico disuelto, se acidula con ácido clorhídrico, se evapora a sequedad y se determina como antes, la sílice separada; su peso se agrega al de la cantidad principal. En el filtrado se precipita con amoníaco en exceso, en caliente y después de adición de cloruro amónico, la alúmina bajo forma de hidrato de aluminio y el ácido fosfórico al estado de fosfato de aluminio. Como la alúmina tiene el inconveniente de arrastrar consigo sales alcalinas, es necesario también aquí, repetir la precipitación. El lavaje debe efectuarse hasta la desaparición de todo cloro, pues como en el caso del óxido férrico, al ser incinerado, la alúmina podría formar cloruro de aluminio, volatil.

Bien lavado el precipitado y no del todo seco, se incinera y se calienta al soplete por unos cinco minutos, hasta constancia de peso.

La alúmina calcinada absorbe en la balanza rápidamente agua, y puede observarse durante la pesada un aumento de peso; es conveniente por lo tanto, determinar aproximadamente su peso, hasta el milígramo, luego calcinarlo algunos minutos y volver a pesarlo rapidamente.

Acido fosfórico

Para determinar el ácido fosfórico, se introduce el resíduo que acabamos de pesar, en un vaso de 100 c.c. de capacidad y se hierve por unos 15 minutos con 10 c.c. de ácido nítrico diluído (1:2). El fosfato de aluminio se disuelve completamente.

Para precipitar el ácido fosfórico, se agrega sin previa filtración, unos 20 c.c. de una solución de molibdato de amonio (1), y se calienta el líquido suavemente durante media hora a baño maría. Una vez depositado el precipitado, se filtra sobre un filtro doble y se lava el precipitado repetidas veces con solución diluída (2), de molibdato amónico. Luego se disuelve el precipitado con amoníaco, sobre el mismo filtro, y se recoje el filtrado en el mismo vaso que ha servido para precipitarlo, para que el amoníaco disuelva las partículas del precipitado aun adherentes al vidrio. Luego se filtra todo sobre el mismo filtro, recogiendo el líquido en otro vaso de precipitación; se agrega ácido clorhídrico concentrado hasta que el precipitado amarillo que se va formando se disuelva solo con dificultad. Se vuelve a alcalinizar fuertemente con amoníaco y una vez frío se precipita el ácido fosfórico con un poco de mixtura magnesiana (3), al estado de fosfato amónico magnésico.

Después de unas horas de reposo se recoge el precipitado sobre un filtro, se lava con amoníaco al 2 ½ %, hasta que.

---

1 Partes iguales de solución de molibdato amónico al 15 % y de NO_3H, d. d. 1. 2.

2 80 p. de la sol. concentrada anterior, con 20 p NO_3H, d. 1,2 y 100 p. de agua.

3 Sol. 55 gr. $MgCl_2$ cris., 70 gr. NH_4Cl, en 650 c. c. H_2O, mas NH_3 al 10 %, hasta 1000 c. c.

el filtrado acidulado con ácido nítrico no dé más la reacción del cloro. Se seca a 90 grados y se calcina primeramente con llama pequeña y por último al rojo. Si el residuo de la calcinación $Mg_2P_2O_7$. no es bien blanco, se lo humedece con unas gotas de ácido nítrico concentrado, se elimina este con cuidado, y se calcina hasta constancia de peso. El peso del pirofosfato obtenido, nos dá, multiplicado por 0.6376, la cantidad de anhidrido fosfórico. Substrayendo esta cantidad de la suma encontrada anteriormente de Al_2O_3 más $AlPO_4$ se obtiene el peso de la Al_2O_3 pura.

Calcio

Los filtrados reunidos del óxido férrico, alúmina, etc., que contienen solamente calcio y magnesio, se acidulan ligeramente con ácido acético y se evaporan reduciéndolos a pequeño volumen, y a la ebullición se precipita con 15 a 20 c.c. de una solución concentrada e hirviendo, de oxalato de amonio.

Se observa si todo el calcio ha sido precipitado, agregando una gota de oxalato amónico al líquido superior. Si así ha sucedido, se deja enfriar y se filtra, después de doce horas de reposo. Se decanta el líquido claro y se lava varias veces el precipitado con agua caliente en el mismo vaso, y recién entonces se le recoge sobre el filtro. Se redisuelve el precipitado en ácido clorhídrico caliente, porque si se pesara después de la primera precipitación, se obtendría una cantidad excesiva, por tener el oxalato de calcio, la propiedad de encerrar sales extrañas. Solamente después de la segunda precipitación se obtiene libre de alcalis. La solución clorhídrica del oxalato cálcico, se recoge en el mismo vaso que sirvió para la primera precipitación. El filtrado ácido se lleva a la ebullición, se agregan otros 5 a 10 c.c. de solución de oxalato amónico y se precipita el calcio por adición de amoníaco ca-

liente. Para evitar que el recipiente sea atacado por el amoníaco caliente durante el tiempo que se deja reposar el líquido, se acidula el líquido ligeramente con ácido acético. Después de 4 a 6 horas, se puede filtrar el oxalato cálcico, y después de lavarse bien con agua caliente, aún húmedo, se incinera en cápsula de platino y se calcina al soplete hasta constancia de peso. Se obtiene así el óxido de calcio y se pesa como tal.

(Hay que agregar a este, el CaO obtenido del filtrado del hierro).

Magnesio

En los filtrados de las precipitaciones del calcio, se separa el magnesio mediante el fosfato de sodio, al estado de fosfato amónico magnésico, $MgNH_4PO_4 . 4H_2O$, y se pesa al estado de pirofosfato de magnesio $Mg_2P_2O_7$.

Antes de la precipitación es conveniente concentrar mediante evaporación, los filtrados previamente acidulados con un poco de ácido clorhídrico.

Al líquido ácido enfriado se agrega primeramente fosfato sódico y luego, revolviendo enérgicamente con una varilla de vidrio, un exceso de amoníaco, (1 3 del volumen). Una vez depositado el precipitado, se comprueba por adición de algunas gotas de fosfato sódico, si toda la magnesia ha sido precipitada, de lo contrario se agrega más fosfato sódico y se deja depositar algunas horas. Se filtra y lava el precipitado unas cuantas veces con amoníaco diluído (2 ½ %), y sobre el mismo filtro se vuelve a disolver en ácido clorhídrico.

Se lava el filtro, se agrega a la solución un poco de cloruro amónico y algunas gotas de fosfato sódico y se reprecipita el magnesio agregando 1 3 del volumen de amoníaco al 10 %. Después de cuatro horas puede filtrarse: primero se filtra el líquido claro, y luego el precipitado, lavado ya algunas veces

con amoníaco diluido al 2 1/2 %. Se concluye lavando con agua amoniacal hasta eliminación completa de cloruros. Se seca el precipitado y separa lo mejor posible del filtro en una capsulita de porcelana, se incinera a parte en una espiral de platino, recogiendo las cenizas del mismo en un crisolito de porcelana tarado.

Se reune con estas el precipitado principal, se elimina con cuidado el amoníaco, luego se calienta más fuerte y por último al soplete, hasta obtener un residuo bien blanco. Si queda gris, se lo humedece con un poco de ácido nítrico concentrado, se elimina este con precaución, y se calcina de nuevo.

El residuo, $Mg_2P_2O_7$, se pesa, y multiplicado por 0,3602, nos dá la cantidad de óxido de magnesio.

Determinación de los álcalis

Disgregación con cloruro amónico y carbonato cálcico, según Lawrence Smith

De los diferentes métodos empleados para el dosaje de los álcalis, hemos elegido el de Lawrence Smith (1), el cual además de ser sencillo y rápido, tiene la ventaja de que todo el magnesio se separa al estado insoluble, conjuntamente con las demás bases y el ácido silícico, quedando solamente los álcalis, solubles en agua.

Consiste en calentar primero suavemente y luego a alta temperatura, la roca pulverizada y mezclada con un gran exceso de carbonato cálcico, adicionado de un poco de cloruro amónico.

---

(1) Am. Journ. of Science, 2d series, vol. L. p. 269; (1871) y Annalen der Chemie und Pharmacie 159 p. 82 (1871).

He aquí un ejemplo de como se produce la reacción:
$2\,KAlSi_2O_8 + 6\,CaCO_3 + 2\,NH_4Cl = 6\,CaSiO_3 + 6\,CO_2 + Al_2O_3 + 2\,KCl + 2\,NH_3 + H_2O$, además se forma cloruro de calcio y óxido de calcio.

De la extracción acuosa del producto del ataque, después de eliminado el calcio mediante carbonato amónico, pasado al estado soluble durante la reacción, y volatilización de las sales amoniacales, se obtienen exclusivamente los álcalis, al estado de cloruros.

El cloruro amónico, como también el carbonato cálcico empleados en la disgregación, tienen que ser, como es natural, de la mayor pureza posible.

Para el dosaje se toma medio gr. de roca finalmente pulverizada y se mezcla íntimamente en mortero de ágata con igual cantidad de cloruro amónico; luego se agrega tres gr. y medio de carbonato de calcio purísimo en pequeñas porciones, triturando perfectamente cada vez, hasta obtener una mezcla perfectamente homogénea, que se introduce en un crisol alto de platino. Se limpia el mortero con otro medio gr. de carbonato cálcico, que se añade después al contenido del crisol.

El crisol tapado se calienta por un cuarto de hora muy suavemente con una pequeña llama situada a buena distancia. Una vez desaparecido el olor a amoníaco, se calienta con un mechero doble de Bunsen o mejor con un buen mechero Teclu, que se deja actuar por 40 a 50 minutos.

Después de frío se obtiene por lo general una masa semifundida y contraída que con la mayor facilidad sale del crisol. Se introduce en una cápsula de platino y se le agregan de 60 a 80 c.c. de agua, calentando a baño maría hasta que todo sea reducido a un polvo fino. Después de algunas horas se filtra, primero por decantación y por último se lava con abundante agua hirviendo hasta que ya no pasen cloruros. Si el

ataque ha sido perfecto, el residuo que queda sobre el filtro debe disolverse en ácido clorhídrico diluído sin dejar partículas oscuras; de lo contrario es necesario repetir la operación.

El filtrado, el cual además de los cloruros alcalinos formados, contiene pequeñas cantidades de cloruro cálcico e hidrato cálcico, se calienta a la ebullición en un vaso de Jena, se le agrega amoníaco y tanto carbonato amónico como sea necesario, hasta que precipite carbonato de calcio. Se filtra y se vuelve a disolver el precipitado lavado, en ácido clorhídrico diluído y otra vez se efectúa la precipitación con amoníaco y carbonato amónico, con el objeto de separar las pequeñas cantidades de álcalis encerradas por el carbonato cálcico en la primera precipitación.

Los filtrados reunidos se concentran, llevándolos a pequeño volumen, y en un pequeño vasito se adiciona de un poco de amoníaco y algunas gotas de oxalato amónico caliente, para eliminar todo rastro de calcio.

Si la roca contiene azufre, se encontraría como sulfato conjuntamente con los cloruros alcalinos y el cloroplatinato de potasio estaría impurificado por sulfato sódico. Para eliminar los sulfatos, se agrega antes de la precipitación del calcio, a la solución clorhídrica caliente, algunas gotas de cloruro de bario; se deja reposar algún tiempo manteniendo caliente, se alcaliniza el líquido con amoníaco y con un poco de carbonato de amonio se precipita el exceso de bario, y recién después se añade el oxalato de amonio.

El líquido claro contiene ahora, además de las sales amoniacales, exclusivamente los cloruros alcalinos.

Después de algunas horas se filtra, se lava bien el precipitado, y se evapora el filtrado en una cápsula grande de platino: se eliminan las sales de amonio calentando primero sobre tela de amianto y luego al rojo sombra.

El residuo se extrae con agua y se filtra la solución en una pequeña cápsula de platino tarada.

Para transformar los carbonatos alcalinos que pudieran haberse formado, en cloruros, basta agregar algunas gotas de ácido clorhídrico diluido; luego se evapora a sequedad, se calienta al rojo débil y pesa. Se obtiene así, el total de los cloruros alcalinos. Para determinar separadamente los dos elementos, se transforma el potasio en cloroplatinato potásico y el sodio se obtiene, de una manera exacta, por diferencia.

Potasio

Para la transformación en sales dobles de platino se agrega a la solución acuosa de los cloruros, en pequeña cápsula de porcelana una cantidad de cloruro platínico, (H_2PtCl_6), algo mayor [1] de la necesaria para transformar el total de los cloruros, calculados en cloruro de sodio, que tiene el peso molecular menor. La mezcla se evapora a sequedad en baño maría. El residuo frío se trata con 30 c.c. de alcohol absoluto o con alcohol metílico y revolviendo de vez en cuando, se deja en contacto por una hora.

Con este tratamiento se disuelve el exceso de cloruroplatínico y el cloroplatinato de sodio, quedando insoluble el cloroplatinato de potasio, bajo forma de un polvo cristalino de color amarillo oro. Se le recoje sobre un filtro y se lo lava con alcohol hasta que este pase incoloro. El filtro con el precipitado

---

1 Sea p. ej. el peso de los cloruros 0,0540 gr., es necesario, calculando estos como formados totalmente por ClNa, según la ecuación, $2\,ClNa + H_2PtCl_6 = NaPt_2Cl_5 + 2\,HCl$, para dos moléculas ClNa = 117: una molécula de H_2PtCl_6 = 409,5, es decir para 0,0540 gr. cloruros, 117: 409,5 :: 0,0540 : X ; $X = \frac{409,5 \times 0,0540}{117} = 0,1890$ gr.; por lo tanto, cerca de 5 c. c. de una solución de cloruro platínico al 4 %.

se seca a 90 grados y luego con agua hirviendo, se disuelve totalmente el cloroplatinato de potasio y se recoje la solución en el crisol. Se evapora a sequedad y seca a 135 grados hasta constancia de peso.

Multiplicado el peso de cloroplatinato potásico. K_2PtCl_6. por 0.3056, se obtiene el cloruro de potasio correspondiente y por 0.1940, el óxido de potasio.

Sodio

El sodio se calcula directamente por diferencia (1), sin temor de incurrir en error, pues procediendo de la manera indicada están excluídas todas impurezas de calcio, etc.

Agua combinada y anhidrido carbónico

De los diferentes métodos empleados para el dosaje de estos dos compuestos, hemos elegido el método de Jannasch (2), que es el que más se presta para los casos en que dichas sustancias sólo se encuentran en pequeñísimas cantidades, y también cuando hay existencia en las rocas de sustancias oxidables.

Consiste en calentar la sustancia en un tubo de vidrio potásico, en una corriente de aire seco y absorción del agua y del anhidrido carbónico en los aparatos de absorción conectados al aparato: figura 3.

El tubo potásico b, tiene 24 cm. de largo y un ancho de 1 cm., teniendo a 10 cm. de su borde una bola de paredes gruesas resistente al calor. En la parte posterior entre tapones de algodón

---

(1) Si para los 0,0540 gr. de cloruros se encontraron p. ej. 0,0692 gr. de cloro platinato potásico, estos corresponden a 0,01337 gr. de K_2O= 0,0211 gr. de KCl; sustrayendo estos últimos de 0,0540 gr. de cloruros totales, quedan 0,0329 gr. NaCl = 0,01746 gr. Na_2O.

(2) Dr. Paul Jannasch, *Gerichtsanalyse*, 1904, p. 20.

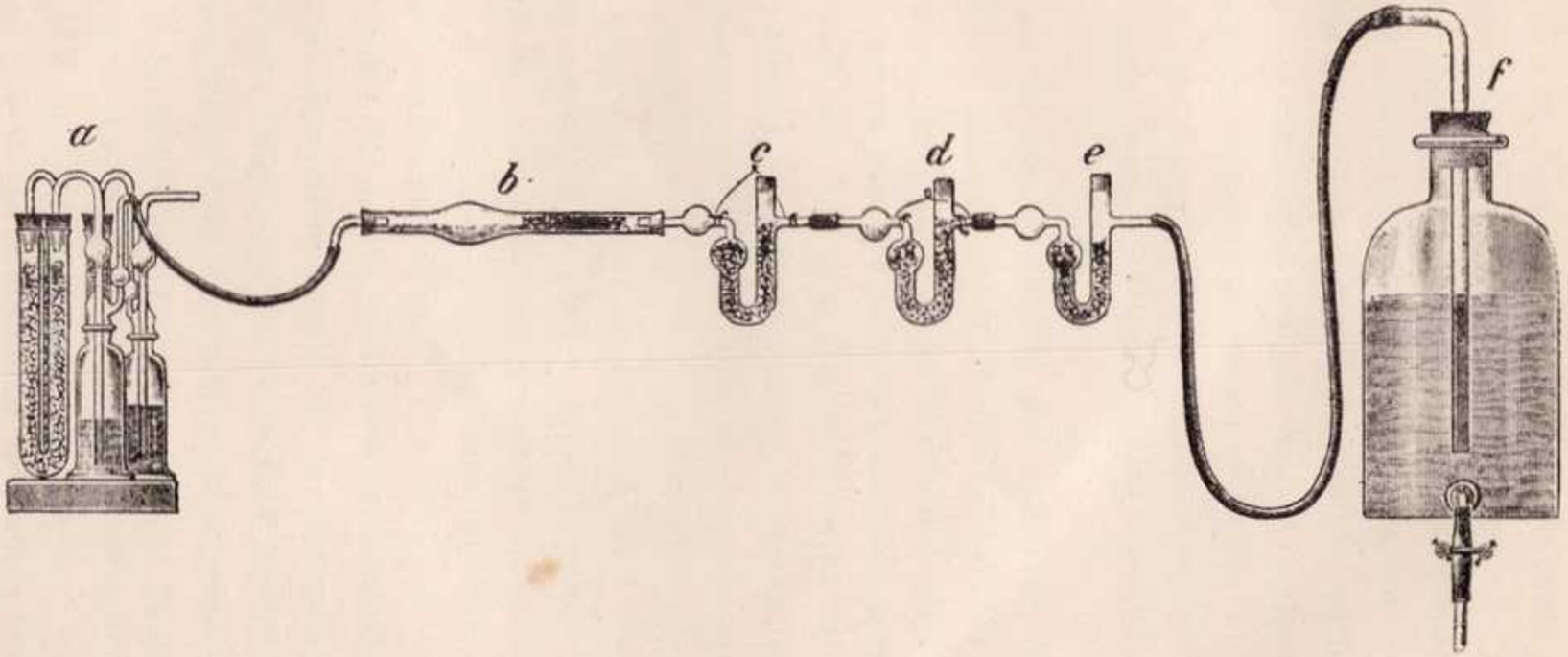


Lámina 3.

[illegible] mezcla de partes iguales (1), de protóxido y bióxido de plomo, destinada a retener el azufre, cloro, etc. La parte más corta del tubo está conectada con un buen aparato secador de aire, formado por recipientes llenados con hidrato de potasio, cloruro de calcio, cal sodada y ácido sulfúrico, respectivamente. La otra punta del tubo b, está unida a los aparatos de absorción llenados con cloruro de calcio (c) y cal sodada [illegible] a este le sigue otro tubo de seguridad (e), con cloruro de calcio para evitar una contra corriente de aire húmedo.

La corriente de aire se [illegible] un aspira- [illegible] unido al último tubo de cloruro cálcico, por medio de un caño de [illegible]. Antes de proceder al dosaje se seca el tubo b, calentándolo con un mechero Bunsen y haciendo pasar al mis- [illegible] Una vez frío se conectan los tubos de absorción pesados, y se calienta como si se tratara del dosaje. Se deja enfriar en corriente de aire, se sacan los aparatos de absorción, cerrando inmediatamente el tubo de combustión con el tubo de seguridad, con el fin de mantenerlo seco. Si los aparatos han aumentado de peso, se repite el ensayo hasta que haya constancia, o bien hasta que el aumento quede invariable; en este caso el aumento se considera como un error constante, que se resta a [illegible] culos.

Para [illegible] introduce en el tubo f, un gr. [illegible] sustancia, teniendo cuidado que esta venga a quedar en [illegible] Se cierra el tubo [illegible] adaptan los aparatos [illegible] absorción, se hace pasar la corriente de aire y se comienza a calentar el tubo primero en la punta más corta y manteniendo constantemente debajo de la capa de óxidos de plomo una pequeña llama.

Por último se calienta la sustancia, llevándola hasta el rojo

(1) Esta mezcla es previamente calentada [illegible] un crisol de porcelana, para [illegible] todo anhídrido carbónico.

con un mechero Teclu. Por último con una llama se recorre el tubo para hacer pasar el agua condensada en el tubo de cloruro de calcio y se deja enfriar siempre con la corriente de aire. El aumento de peso de los aparatos nos da directamente las cantidades de agua y de anhidrido carbónico respectivamente.

Para sustancias difíciles de descomponer se mezclan en la bola con óxido de plomo seco y libre de anhidrido carbónico y se procede como se ha indicado.

Oxido ferroso

Método Cooke y Pebal-Dölter

Consiste en determinar por titulación con permanganato potásico la cantidad de óxido ferroso contenida en la roca, previa disgregación con ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico fuera del contacto del aire.

En una cápsula de platino se introduce aproximadamente un gr. de la roca pulverizada, y con una espátula de platino se mezcla con 5 c.c. de ácido sulfúrico diluido (1:4) y se agregan de 20 a 30 c.c. de ácido fluorhídrico químicamente puro, (exento de sustancias capaces de reducir el permanganato potásico). Se pone sobre baño maría y se tapa con una campana por la cual se hace pasar una corriente de anhidrido carbónico, y se calienta 30-40 minutos, revolviendo de cuando en cuando para evitar que el contenido se adhiera a las paredes de la cápsula. Una vez frío se pasa el contenido en otra cápsula más grande de platino conteniendo agua hervida, fuertemente acidulada con ácido sulfúrico y se titula, agitando, con permanganato potásico, hasta coloración rosa persistente por algunos segundos. Si se sigue agregando

permanganato hasta que la coloración rosa no desaparezca más, se obtienen resultados excesivamente elevados.

El óxido ferroso obtenido, multiplicado por 1.1113 nos da el óxido férrico correspondiente, que se resta de la cantidad obtenida anteriormente. La diferencia, da el hierro al estado Fe_2O_3.

Azufre

Se disgrega, en crisol de platino, unos dos grs. de roca pulverizada con 5-6 veces de su peso de carbonato sódico purísimo y $\frac{1}{2}$ gr. de nitrato potásico, poniendo el crisol sobre una plancha perforada de amianto para evitar que los gases sulfurados de la combustión del gas lleguen hasta dentro del crisol. Después de la disgregación se deja enfriar, se extrae con agua, reduciendo eventualmente el manganato formado por medio de algunas gotas de alcohol, se filtra y se lava el residuo (1), primero con una solución de hidrato de sodio diluida para evitar una reacción contraria y luego con agua caliente. El filtrado se acidula con ácido clorhídrico y se precipita con un pequeño exceso de cloruro de bario. Precipita el sulfato de bario, libre de sílice; pero para mayor seguridad, después de incinerado el precipitado en cápsula de platino, se evapora con algunas gotas de ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico y se calcina hasta constancia de peso. Multiplicando el peso del sulfato de bario por 0.1373 se obtiene la cantidad de azufre correspondiente.

---

(1) Este residuo se puede utilizar para investigar el zirconio.

Cloro

Un gr. de roca pulverizada, se funde en crisol de platino, con 4 o 5 veces su cantidad de carbonato de sodio libre de cloro.

Una vez disgregado y frío se extrae con agua, el filtrado se acidula débilmente con ácido nítrico y se deja hasta el día siguiente. Si la solución ha quedado límpida, se precipita el cloro en caliente por medio del nitrato de plata y se determina como cloruro de plata, según el procedimiento ordinario.

El peso encontrado de cloruro de plata, multiplicado por 0.2473, nos da la cantidad de cloro.

Si la solución acidulada con ácido nítrico, hubiera dejado despositar algo de sílice, se agrega un poco de amoníaco, se hierve, filtra y en el filtrado acidulado con ácido nítrico, se precipita el cloro al estado de cloruro argéntico.

Bario

Ninguna de las rocas analizadas por nosotros contenía compuestos de bario; sin embargo, indicaremos aquí el método de Berzelius, que se empleó para investigarlo y que sirve al mismo tiempo para su dosaje.

Se disgregan 2 grs. de la roca pulverizada con ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico. El residuo, secado en estufa de aire, se calienta por algún tiempo con ácido sulfúrico diluido al 5 % y se filtra, lavando repetidamente el residuo.

Se calcina este en crisol de platino y se disgrega con un poco de carbonato sódico. El producto de la fusión se trata con agua; el residuo se disuelve en ácido clorhídrico y precipita en caliente con ácido sulfúrico diluido. Para evitar

que el precipitado pueda contener calcio se le trata con ácido sulfúrico concentrado y se diluye nuevamente con agua. De esta manera se separa el sulfato de bario puro, que se recoje sobre un filtro y calcina. El sulfato de calcio queda en solución. La cantidad encontrada de sulfato de bario, multiplicada por 0,6571, nos da el contenido en óxido de bario.

Estroncio

Tampoco hemos hallado este cuerpo en las rocas estudiadas.

El método empleado para investigarlo, ha sido el siguiente: como es sabido, el estroncio queda unido a la cal, cuando se precipita con oxalato amónico en soluciones no muy diluidas, y puede separarse transformando los óxidos en nitratos y tratamiento sucesivo con éter-alcohol. El óxido de calcio que contiene el estroncio, calcinado y pesado, se introduce en un baloncito de Erlenmeyer de 20 c.c. de capacidad, y se disuelve en un poco de ácido nítrico, se evapora y seca el baloncito con el contenido, por una a dos horas a 150-160 , en una corriente de aire seco. El residuo se trata con algunos c.c. de alcohol absoluto, se agita algunas veces y se agrega la misma cantidad de éter absoluto. Después de algunas horas se filtra y se lava con una mezcla etereo-alcohólica. Se calcina en cápsula de platino el nitrato de estroncio que queda sobre el filtro y se pesa como óxido. Para ensayar su pureza, se investiga espectroscopicamente.

Zirconio

Para investigar la presencia del zirconio en las rocas, hemos utilizado el residuo de la extracción acuosa obtenida en la operación de dosaje del azufre.

Dicho residuo se deja por largo tiempo en contacto con ácido sulfúrico caliente y diluido al 5 %. En el filtrado que contiene alúmina, hierro y la mayor parte del zirconio, se agrega agua hasta que el ácido sulfúrico tenga una concentración no mayor de 1 % y agua oxigenada, más algunas gotas de fosfato disódico.

El aluminio y el hierro no precipitan con el ácido fosfórico, debido al medio ligeramente ácido, mientras el zirconio precipita totalmente al estado de fosfato, después de uno a dos días de reposo.

En ninguna de las rocas estudiadas, se encontró la presencia del zirconio.

Investigación de pequeñas cantidades de fluor

Se utiliza la prueba de corrosión del vidrio por el ácido fluorhídrico puesto en libertad por el ácido sulfúrico. Pero en presencia de sílice esta prueba no da resultado, si se efectúa directamente, por que el fluor se desprende en forma de fluosilicato que no ataca el vidrio.

Por lo tanto, teniendo que buscar pequeñas cantidades de fluor en los silicatos se transforma primeramente el fluor en fluoruro de calcio, y con éste, se efectúa la prueba de corrosión. Para separar el fluor bajo forma de fluoruro de calcio, se mezcla el silicato finamente pulverizado con seis veces su cantidad de carbonato sódico; se funde en un crisol de platino y después de enfriado, se trata el producto con agua, obteniéndose una solución que contiene todo el fluor al estado de fluoruro de sodio y el ácido silícico al estado de silicato de sodio. Para separar el ácido silícico se neutraliza la solución casi completamente con ácido clorhídrico y se agrega un exceso de carbonato amónico, se calienta débilmente y se deja en reposo por doce horas. Se filtra para

separar la sílice, se concentra el filtrado llevándolo a un pequeño volumen y se añade unas gotas de fenolftaleina, poniéndose el líquido rojo. Se añade ácido clorhídrico con precaución hasta decoloración y se calienta a la ebullición, volviendo a producirse la coloración roja. Una vez frio se vuelve a descolorar con otro poco de ácido clorhídrico, hasta que después de la ebullición la solución tome un tinte muy débilmente rosado. Entonces se agrega un poco de cloruro de calcio y se hierve. Se forma un precipitado de carbonato y de fluoruro de calcio, que se recoje sobre un filtro, se lava, se seca y se calcina en un crisol de platino; luego se trata con ácido acético diluido, se evapora a sequedad, se adiciona de agua y se recoje sobre un filtro el fluoruro de calcio insoluble, se seca, se calcina con el filtro y con el residuo así obtenido se efectúa la prueba de corrosión.

En un crisol de platino se agrega al fluoruro de calcio, ácido sulfúrico concentrado, se tapa con un vidrio de reloj, cuya parte convexa ha sido recubierta con una capa de cera, con algún dibujo en descubierto, y se deja actuar unas doce horas en frío, calentándose luego débilmente por algunos minutos.

En presencia de sólo gr. 0.0003 de fluoruro de calcio, se obtiene sobre el vidrio de reloj, un grabado perfectamente visible.

Investigación del litio

La solución que contiene los cloruros de los metales alcalinos, se evapora casi a sequedad, se remueve con alcohol a 90 % y se filtra. La solución, que contiene todo el litio, no está aun libre de sodio y de potasio, se vuelve a evaporar y a tratar por el alcohol. El filtrado se evapora a sequedad y se trata con ácido clorhídrico concentrado, se vuelve a secar y

se calcina débilmente. Una vez frío se añade mezcla etereo-alcohólica, se revuelve bien con una varilla de vidrio y filtra rápidamente sobre filtro humedecido con la mezcla etereo-alcohólica.

La solución etereo-alcohólica que contiene el cloruro de litio, se evapora a sequedad y se examina al espectroscopio.

Hierro total

Como control, puede determinarse el hierro total, disgregando una cierta cantidad de roca por ataque con ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico.

Se disuelve el residuo de la evaporación en ácido sulfúrico diluido y se reduce el hierro mediante una corriente de ácido sulfhídrico, luego se filtra el líquido en un matraz lleno de anhidrido carbónico, hasta la eliminación de todo el exceso de hidrógeno sulfurado. Se deja enfriar, siempre en la corriente de anhidrido carbónico, se agrega bastante ácido sulfúrico diluido y se titula inmediatamente con permanganato potásico, obteniéndose directamente por el cálculo la cantidad de óxido férrico total. Restando de esta, la cantidad de óxido férrico correspondiente al óxido ferroso, se obtiene la cantidad de hierro al estado de óxido férrico.

Resultado de los análisis de las rocas

		1	2	3	4	5
Anhídrido silícico. .	%	74,7400	64,3100	43,5500	78,2300	59,6900
Bióxido de titano	»	0,00022	0,0747	0,4855	0,0498	0,0597
Bióxido de zirconio .	»	no tiene	no tiene	no tiene	no tiene	no tiene
Anhídrido carbónico .	»	no tiene	0,0880	vest.	no tiene	vest.
Anhídrido fosfórico.	»	0,1650	0,0574	0,0630	0,1176	0,0987
Azufre . . .	»	0,1063	0,2250	0,5083	0,1918	0,3249
Cloro . . .	»	0,1380	0,0790	vestig.	vestig.	vestig.
Fluor	»	vestig.	vestig.	vestig.	vestig.	vestig.
Agua, (sobre 105°C).	»	no tiene	0,4908	0,8580	0,2344	1,1300
Oxido alumínico . .	»	13,8350	12,4526	16,9571	9,8204	20,4416
Oxido ferroso. . .	»	0,5320	7,7760	0,8640	1,0440	3,2040
Oxido férrico .	»	no tiene	3,7160	28,2800	0,2320	6,0400
Oxido manganoso.	»	0,3340	0,7254	0,3200	0,3255	1,2090
Oxido cálcico.	»	0,9400	1,1900	0,2830	1,7000	1,0100
Oxido bárico .	»	no tiene	no tiene	no tiene	no tiene	no tiene
Oxido magnésico .	»	vestig.	0,5212	vestig.	no tiene	vestig.
Oxido potásico.	»	4,3710	6,0004	6,9241	4,4290	5,3863
Oxido sódico	»	4,8600	2,2177	1,4583	3,5245	1,3708
Litio, (espectroscopicamente)	»	posit.	posit.	posit	posit.	posit.
		100,02152	99,9242	100,5513	99,8990	99,9650

N.º 1.—Granitita de grano medio.
N.º 2.—Granitita aplítica de grano fino.
N.º 3.—Lepidomelano.
N.º 4.—Greisen del chiflón «Quilmes».
N.º 5.—Greisen del socavón «Emina».

ESTUDIO DE LOS MINERALES

Formación de los yacimientos

Las observaciones hechas a propósito de las rocas demuestran que la formación de los yacimientos estaníferos de la Sierra de Gualampajá ha sufrido los mismos procesos, conocidos en otras regiones bien investigadas, donde la casiterita está ligada con antiguas rocas graníticas.

Como los yacimientos no coinciden perfectamente con las pegmatitas y se han formado muy tarde, en lo principal, no se distinguen por caracteres especiales, como muchas de las pegmatitas, donde la casiterita figura en cantidad considerable entre los constituyentes primarios. En general estas pegmatitas, especialmente, las que son ricas en casiterita primaria, tienen poca importancia económica.

El mineral de estaño, cuya masa principal se ha formado aquí en una de las fases tempranas de la diferenciación magmática, se ha acumulado a veces en nidos muy ricos pero también de poca extensión.

Muy probablemente se halla en los yacimientos de la Sierra de Gualampajá, casiterita primaria entre los componentes de las pegmatitas del 2.º grupo: pero la época de la for-

mación principal ha sido mucho más tarde, cuando todo el magma se había ya solidificado.

Aunque se encuentra la mayor parte de los productos ácidos de la diferenciación—(saure spaltungsgesteine)—, que se suelen observar donde la diferenciación de magmas graníticos ha sido completa y faltan solamente las formaciones extremas más ácidas, como por ejemplo los mantos y vetas de cuarzo y mica, que se ven en la Sierra de Mazán, o en todo caso son tan escasas que fácilmente escapan a la observación, la formación de los yacimientos empieza y alcanza su máximum durante la expulsión de los agentes mineralizadores.

Con la formación de las pegmatitas del 2.º grupo, parece haber terminado en su parte principal la diferenciación del magma. Lo que sigue después es el efecto alternado y de transformación de los agentes mineralizadores, es decir, la alteración de la granitita y de las pegmatitas en masas caolinizadas y su transfomación en greisen, junto con una impregnación irregular pero a veces muy abundante de casiterita. Entre estos procesos y los anteriores de la diferenciación, hay pues una separación bien neta.

Las alteraciones y transformaciones, que han tenido lugar en las distintas variedades de la granitita y las pegmatitas del 2.º grupo son, en lo esencial, las siguientes. La diferencia principal entre las distintas rocas alteradas y transformadas, está indicada por el grado de la alteración hasta la substitución completa del feldespato. En esto hay transiciones, de modo que no se puede decir exactamente donde empieza el greisen.

Como minerales secundarios principales se puede considerar el cuarzo secundario, la mica de color claro, en parte muscovita, caolín en masas compactas y compuestos de escamas finas agrupadas, a veces en forma de rosetas, topacio, casiterita, granate y fluorita.

Tanto el cuarzo como la mica clara y el topacio se han formado principalmente de los feldespatos potásicos.

En general la plagioclasa ha desaparecido completamente; pero los feldespatos de potasio permiten reconocer frecuentemente, aún allí, donde la caolinización ha adelantado hasta la greisenización, rastros de la exfoliación o restos de su estructura microclínica y pertítica.

En la mayor parte de los casos, el cuarzo ha penetrado por completo la masa del feldespato alterado.

Generalmente el cuarzo de nueva formación se distingue del cuarzo primario, excepción hecha de los casos en que rodea a los campos de este, por el gran número de restos fragmentarios que encierra, especialmente de los minerales resistentes como el zircón o de los nuevamente formados, entre los que ocupan el primer lugar el topacio, el granate y restos de la mica clara .

Además es rico en pequeñas inclusiones líquidas. Donde el número de éstas y de los minerales encerrados aumenta, aparece el cuarzo cribado como un tamiz.

Es notable que no se haya observado turmalina: en cambio el topacio es sumamente frecuente, acumulándose a veces tanto, sobre todo en las pegmatitas caolinizadas, donde, en forma de una roca desmenuzable sacaroidea ocupa el lugar del feldespato, que se podría hablar de una roca de topacio.

La formación de granate, mineral generalmente escaso en las rocas neumatolíticas de los yacimientos del estaño, ha tenido lugar preferentemente en el sitio de los feldespatos de potasio, junto con la de la mica clara o después, reemplazando a esta: desde la forma de agregados de hojitas de caolin y de mica clara rodeando granos irregulares o idiomorfos de contorno triangular, hasta la substitución completa de la mica por cuarzo, quedando el granate solamente en restos utriculares o en forma de gotas, pudiéndose observar todas las transiciones.

El mineral más resistente a la acción de los agentes mineralizadores ha sido indudablemente la biotita. Está blanqueada siempre y a menudo contiene litina. En parte ha sido transformada en una mica clara o sustituida, especialmente desde sus bordes, por topacio y granate. El hecho de que la mica frecuentemente, tanto en las variedades caolinizadas como en el greisen, sobre todo en las variedades oscuras, donde ya a simple vista se puede reconocer el alto contenido de este mineral, biotita, demuestra que la composición originaria de la roca alterada o transformada ha tenido mucha influencia; pues en todos estos casos la biotita es un mineral primario. Esta circunstancia permite ante todo reconocer la roca materna, sea esta la granitita o una pegmatita rica en biotita, aún allí donde la substitución de los otros minerales ha sido completa.

La coloración de la mica por substancia limonítica siguiendo los planos de la exfoliación y el reemplazo por magnetita, a veces con la limitación hexagonal de las hojas basales, son fenómenos muy probablemente ligados con la descomposición de la biotita, procediendo a ella el hierro de la misma mica.

Se han conservado perfectamente las aureolas pleocroicas oscuras de la biotita, que generalmente rodean pequeños cristales de zircón; algunas veces también en los casos, en que grandes hojas de la biotita han sido transformadas en los agregados finos de la mica clara; pero en varios de los cortes se vé también en estos agregados o dentro de la biotita, al lado de numerosas aureolas, un borde pardo oscuro pleocroico rodeando granos mayores de granate y fluorita, minerales nuevamente formados.

La formación de la casiterita y su distribución, es irregular; pero casi siempre es abundante, empezando su formación ya con la primera acción de los agentes mineralizadores. Se

puede decir que su cantidad, en general es tanto mayor cuanto menos intensa es la transformacion.

Los yacimientos mas ricos son aquellos, en que el feldespato ha sido apenas caolinizado o donde la greisenización no ha llegado a su fin.

Los productos con la sustitución completa del feldespato por cuarzo, es decir, las vetas y mantos del greisen, son casi o completamente estériles. La mayor parte de la casiterita se halla en pequeños cristales, a menudo bien idiomorfos; pero en las pegmatitas caolinizadas se encuentran también de un tamaño hasta de varios centímetros o agregados de estos preferentemente dentro del caolín blanco, que llena los intersticios angulosos entre los cuarzos grandes.

La casiterita ha sustituido tanto al feldespato como a las diferentes micas. Donde el reemplazo ha sido completo, se observa al lado de la casiterita solamente cuarzo y topacio. Pero en el único caso conocido, donde el greisen parece ser rico en casiterita, esto es, en la veta Administración, se tiene la impresión de que este mineral se haya formado ya en el principio de la acción neumatolítica, reemplazando la mayor parte del caolín y de las micas y que después, el resto de estos minerales haya sido sustitnido por cuarzo.

La fluorita se ha encontrado, en pequeños cristales de color verde manzana y violeta, dentro del caolín de las pegmatitas alteradas y observado en algunos cortes de la granitita impregnada con casiterita, en manchas de contornos irregulares, reemplazando tanto los agregados de la mica clara como la biotita. La fluorita es un mineral relativamente escaso: aparece más frecuentemente en las rocas caolinizadas que en las ya transformadas en greisen.

Separada de estos procesos por un largo intervalo de tiempo está la acción de las aguas, quizás en parte termales, en las cavernas de las pegmatitas y los intersticios de la grani-

tita caolinizada. Como indicios de esta acción encontramos un depósito repetido de calcedonia y de minerales de cobre transformados posteriormente en carbonatos. El depósito de la calcedonia ha sido perturbado varias veces por los movimientos orogenéticos, cuyo efecto tenemos que considerar todavía.

Como cerca de los yacimientos y en estos mismos no han alcanzado grado mayor, es difícil comprobar si pertenecen al grupo de los movimientos que han dislocado por fallas, la planicie de destrucción junto con las areniscas que descansan sobre ellas. Sin embargo, tratándose de fallas en todos los lugares investigados, siguiendo a menudo los planos de las diaclasas, se puede deducir con mucha probabilidad de certeza, que los movimientos interviniendo entre el depósito repetido de la calcedonia, han perturbado los yacimientos después que se había formado la planicie de destrucción; es decir, en una época más tardía que la de la formación del batolito granítico y su diferenciación.

En todo caso la acción de las aguas, ha tenido poca influencia sobre la composición y estructura de los yacimientos. Sus rastros se observan bien, principalmente en la pegmatita destrozada del Rajo de los cristales.

En las pegmatitas caolinizadas o en su transformación muy adelantada en greisen, la calcedonia ha penetrado sobre grietas, llenando los intersticios e imbibiendo las partes blandas desmenuzables de las rocas alteradas, sobre todo en las masas caolínicas transformadas ya en parte en muscovita y entre los granos cristalinos del topacio, donde este, ha reemplazado parcial o completamente al feldespato potásico de las pegmatitas.

El corte de una muestra de pegmatita caolinizada y en transformación a greisen, procedente de la labor de explotación superior de la extremidad septentrional de la veta

Quilmes, enseña uno de estos casos. La calcedonia ha penetrado aquí, entre los granos de una roca compuesta principalmente por topacio y casiterita. En otros lugares, donde la calcedonia ha entrado por grietas llenando intersticios mayores de la roca alterada, se vé que desde los campos de cuarzo secundario, se han regenerado granos o cristales bien idiomorfos, que se extienden dentro de la masa de la calcedonia sobre todo en la dirección del eje principal.

A menudo estos cristales regenerados encierran, imitando por decir así la estructura zonal, difusas camadas opacas pulverulentas de la calcedonia. Esta se puede observar bien especialmente en los cortes de una pegmatita alterada, que aflora en la labor de explotación inferior en la parte norte de la veta Quilmes, que además es notable por la circunstancia de que aquí se puede reconocer perfectamente el reemplazo del feldespato de potasio por caolín y muscovita, (cuyas hojitas se agrupan en forma de rosetas), y granos de topacio y granate.

La mayor cantidad de calcedonia se ha encontrado en los trozos de pegmatita caolinizada en la parte norte de la labor del Rajo de los cristales. Allí la calcedonia, como ágata en brecha y cinteada, ha llenado grietas y cavernas de varios centímetros hasta de varios decímetros de extensión. El color que predomina, en las fajas opacas, es en general, el pardo violado, parduzco y hasta rosado, intercalándose y ramificándose entre ellas, camadas de una calcedonia medio transparente de un color gris azulado claro.

Frecuentemente la calcedonia encierra pedazos angulosos del cuarzo claro y opaco de la pegmatita, fragmentos de pegmatita caolinizada y rica en biotita, de caolín blanco, y a veces también cristales sueltos de casiterita y topacio.

En las drusas los cristales de cuarzo claro — algunos de ellos de varios centímetros de largo—, formados sobre la

pared interior, han sido cubiertos otra vez por capas calcedonia parduzca opaca.

Se puede reconocer que el depósito de la calcedonia ha sido perturbado por los movimientos, por el hecho de que la calcedonia, después de haber entrado en los vacíos de una pegmatita con feldespato sano, pero cortado y torcido, ha sido destrozada y triturada y otra vez cementada por calcedonia nueva. Por estos movimientos se han formado brechas de fragmentos angulosos, principalmente del cuarzo claro y opaco de las pegmatitas y de la calcedonia encerrados otra vez en calcedonia nuevamente depositada.

No se tiene observaciones que permitan decir si los minerales de cobre, [illegible] se encuentran rastros en varios de los yacimientos, principalmente en forma de costras delgadas y manchas de malaquita sobre las paredes de grietas abiertas, se han formado al mismo tiempo que la calcedonia, pues no se ha visto minerales de cobre ni entre los minerales primarios o secundarios de las rocas alteradas por los procesos neumatolíticos. Lo que se ha observado de ellos, en forma de carbonatos, es de formación posterior.

ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS MINERALES

Reconocimiento del estaño en sus minerales

Los minerales de estaño, que lo contienen al estado de casiterita, cuando son ricos, son fáciles de reconocer a simple vista, por su aspecto especial, su gran peso, su color y por los cristales que generalmente presenta; pero en los minerales pobres, este reconocimiento a simple vista es difícil, pues el mineral de estaño está frecuentemente diseminado en partículas finas entre la arcilla y óxidos de hierro.

Un procedimiento rápido, empleado en Bolivia por los

cateadores, consiste en pulverizar finamente el mineral y lavarlo en un platillo para separar la casiterita de la ganga que es fácilmente arrastrada por el agua, mientras que aquella, por su gran densidad, forma en el residuo un reborde muy marcado.

Con la práctica se pueden tener indicaciones bastante aproximadas acerca de la ley del mineral.

Igual procedimiento se aplica a las piritas, después de una tostación que peroxida el hierro y hace que sea fácilmente arrastrado por el agua y transforma el estaño en bióxido que se separa con facilidad.

El método que acabamos de indicar, sólo puede aplicarse en Bolivia, donde casi sin excepción, todos los yacimientos de determinadas regiones contienen estaño.

Reconocimiento por medio del soplete

Para que este dé buenos resultados, es conveniente enriquecer el mineral por medio de un lavado, como acabamos de indicar.

El residuo se mezcla con una pequeña cantidad de carbonato de sodio y borax, o mejor, con carbonato de sodio y cianuro de potasio, y, colocándolo en una pequeña cavidad hecha en un carbón, se lo somete a la acción reductora del soplete, obteniéndose un botón muy brillante y maleable.

Reconocimiento por medio de una fusión con cianuro de potasic

Los minerales de estaño se reconocen muy fácilmente, fundiéndolos en un crisol de porcelana, después de ser reducidos

a polvo fino, con cinco o seis veces su peso de cianuro de potasio.

Para que se reduzca el estaño, no se necesita temperatura muy elevada, y una vez que la mezcla entra en una fusión tranquila, se retira del fuego y agita con cuidado, quedando en el fondo un botón metálico muy brillante y maleable, en el que se reconoce las propiedades del estaño. En el caso de que no presente estos caracteres, se lo ataca por el ácido nítrico y se procede como indicamos antes.

Cuando los minerales que se van a ensayar son piritosos, o se sospecha que contengan otros metales que puedan ser reducidos junto al estaño, se procede del siguiente modo: se pulveriza finamente el mineral y se ataca por el agua regia; lavando el residuo en un platillo, si el mineral contiene estaño, el ácido estánnico que existía en él o que se formó al atacar por el agua regia, se separa fácilmente y puede aplicarse cualquiera de los procedimientos que hemos mencionado.

Ensayos industriales de los minerales de estaño

En los ensayos industriales, es suficiente determinar el porcentaje de estaño de los minerales, que en la práctica, se reducen a la casiterita.

El estaño se puede dosificar por vía seca o por vía húmeda; pudiendo también dosificarse volumétricamente o por electrolisis.

Dosage por via seca

Los ensayos por vía seca son los que se emplean generalmente, y bien conducidos, dan buenos resultados. Pero estos procedimientos exigen algunas precauciones especiales que indicaremos brevemente.

Si se opera sobre una casiterita muy pura, la reducción se hace con facilidad, pero en presencia de 10 o 20 % de sílice, la reducción completa del ácido estánnico, no se obtiene más que a una temperatura excesivamente elevada, al rojo blanco, donde hay siempre pérdidas notables por volatilización.

En el caso de que un mineral contenga bastante sílice, es menester eliminarla previamente o efectuar la reducción en presencia de un exceso de hierro, por tener este metal la propiedad de desalojar al estaño de su combinación silicatada formando silicato de hierro y dejando en libertad al estaño metálico.

Si el mineral fuese impuro, también habría necesidad de eliminar previamente, las impurezas eventuales que el mineral pudiera contener: cobre, arsénico, tungsteno, etc.

De lo que precede, se deduce que la reducción directa es rara y que lo más general es que el mineral deba sufrir, antes de la fusión, un tratamiento mecánico o un tratamiento químico apropiado, destinado a eliminar la ganga y las impurezas que lo acompañen.

Ensayo de un mineral rico y puro

Consideramos como mineral rico, aquel cuya ley pasa del 15 %; y como mineral puro, el que contiene el estaño al estado de casiterita, estando acompañado sólo por las gangas corrientes, como el cuarzo, las arcillas, los óxidos de hierro, etc.; reconocimiento que con práctica, se puede hacer a simple vista.

El mineral sometido a ensayo no debe contener sílice o tener muy pequeña cantidad y por lo menos 50 % de estaño. Los resultados obtenidos son tanto o más exactos cuanto más ricos sean los minerales.

Los minerales pobres serán concentrados por el lavado.

Par [illegible] finamente pulverizado y 16 grs. [illegible] polvo o [illegible] carbón de madera; todo se mezcla bien e introduce en un crisol de plombagina.

Se [illegible] E [illegible]

[illegible] lingote [illegible]

Se [illegible] se destac[illegible] escoria [illegible] en un mortero donde se pulveriza. El botón [illegible] estaño es igualmente martillado para [illegible] toda la escoria adhieren [illegible]

Se [illegible]

L [illegible]

[illegible]

D [illegible]

1. Lingote [illegible]
2. Pequeños granos, separados por el tamizado.
3. Polvo retirado por levigación.

El ensayo por vía seca es precioso para el fundidor, porque reproduce [illegible] las circunstancias [illegible]

industrial y le permite apreciar, al mismo tiempo que el rendimiento del mineral, la naturaleza del metal obtenido.

Para formarse una idea de la calidad del metal, se lo vuelve a fundir a la más baja temperatura posible y se lo hace colar en una cavidad poco profunda y alargada hecha sobre marmol blanco.

Si la superficie del metal es tersa, brillante, exenta de manchas, redondeada en los bordes y se puede plegar varias veces sin que se rompa, el metal es de buena calidad: un aspecto grisaceo, denota la presencia del arsénico: el tungsteno lo hace fragil y una apariencia cristalizada o vitrea, indica la presencia del cobre, zinc, plomo, antimonio, hierro, etc.

Si la temperatura ha sido conveniente, el botón tendrá un color blanco argenteo, mientras que si la temperatura fué muy elevada, variará según su grado, del amarillo al rojo o azul.

Para obtener un botón de metal más puro, se operará del siguiente modo: el mineral pesado, se coloca en una cápsula de porcelana: se añade un ligero exceso de ácido clorhídrico diluido y se mantiene a una suave temperatura durante una hora. Se diluye la solución con agua caliente y se filtra. El residuo se lava perfectamente, se deseca, mezcla al carbón y procede como se ha indicado.

Si el mineral es silicoso, el carbón no reduce completamente el bióxido de estaño: es necesario operar en presencia del óxido de hierro que escorifica la sílice, pero se obtiene entonces una aleación de estaño y de hierro, en la cual se debe hacer el análisis del estaño por vía húmeda, del modo que se indicará después. Se puede emplear como mezcla: 40 grs. de mineral pulverizado, 20 grs. de óxido férrico y 10 grs. de carbón de madera, que se lo funde en crisol de tierra refractaria munido de su tapa, primero media hora al rojo sombra y después media hora al rojo blanco. Se deja enfriar com-

pletamente, se rompe el crisol, limpia y pesa el botón metálico y después se dosifica el estaño por vía húmeda.

Se puede obtener por vía seca, resultados mucho más exactos, por fusión con cianuro de potasio impuro del comercio que contiene carbonato de sodio, que obra como fundente sobre la sílice, y da también resultados bastante precisos aun con los minerales silicosos.

Se coloca en el fondo de un crisol de porcelana una capa de cianuro de potasio en polvo, de 25 mm. de espesor, después 10 grs. de mineral en polvo muy fino, mezclados íntimamente con 5 grs. de cianuro, y recubierto con el cianuro que se utiliza para limpiar el mortero.

Se calienta al rojo sombra y mantiene el cianuro en fusión tranquila durante un cuarto de hora; se retira del fuego y dando pequeños golpecitos al crisol, para que se junte el metal fundido en una sola masa, se deja enfriar.

Se rompe el crisol, retira el botón, que se separa de la escoria adherente y se pesa.

Es conveniente pulverizar la escoria y disolverla en el agua caliente, para asegurarse: 1.° Si la reducción ha sido completa o si ha quedado algo de casiterita no reducida; en este caso habrá que empezar de nuevo la operación. 2.° Si ha quedado pequeños granos de metal.

Con este procedimiento prácticamente se obtiene resultados que se aproximan a lo verdadero en un 0,5

Para obtener un botón de estaño más puro, se podrá tratar el mineral por el ácido clorhídrico, antes de fundirlo con el cianuro.

Como control es conveniente practicar un ensayo doble y considerar como mejor, el que dé resultados más elevados.

Minerales pobres y puros

Si el mineral que se ensaya es de baja ley, se puede aplicar el método que acabamos de indicar, pero previa concentración de dicho mineral.

Se procede del modo siguiente: Se reduce el mineral a polvo fino y se pesan 100 grs. o más, según la ley que se calcule por el aspecto de la muestra; se lava en un plato de fondo plano, agitando continuamente para facilitar la remión de la casiterita casi pura, al mismo tiempo que se elimina la ganga. Con un poco de práctica se puede obtener la casiterita casi pura, pero no conviene llevar muy adelante la concentración, para evitar pérdidas por arrastre.

El mineral concentrado se seca y pesa y sobre 1 o 2 grs. de éste, se procede al análisis del modo que hemos indicado para los minerales puros y ricos.

Como se conoce el peso del mineral antes y después de la concentración, es fácil, conociendo la ley del mineral concentrado, deducir la del primitivo.

Minerales impuros

Expondremos el método a seguir para un mineral muy impuro, que contenga sílice, cobre, azufre, arsénico y tungsteno, pudiéndose emplear un procedimiento más simple cuando el mineral no contenga más que una o algunas de estas impurezas.

Examinaremos dos casos: 1.º El mineral es relativamente rico, con 25 a 30 % de estaño: o 2.º Es pobre.

1.º En el primer caso se pesa de 100 a 200 grs. de mineral y se le hace sufrir una tostación en la mufla, de manera que se descomponga lo más posible, los sulfuros, arseniuros, etc.

La materia tostada se introduce en un frasco de Erlenmeyer de gran capacidad y se añade 300 c.c. de agua regia; se deja actuar un momento a suave temperatura y después se lleva al baño de arena. Después de media hora de ebullición moderada, se diluye con agua, agita vivamente y se decanta el líquido que sobrenada; se repite este tratamiento hasta que las aguas de lavaje no den más que una reacción débilmente ácida. Se coloca el precipitado en una cuba de plomo y se le añade de 20 a 50 c.c. de ácido fluorhídrico concentrado (según su tenor en sílice); se lo deja actuar un par de horas a una temperatura moderada, para desalojar el fluoruro de silicio; se añade un poco de ácido sulfúrico, se diluye con agua y decanta. Se filtra, lava, desecа y calcina ligeramente.

La casiterita casi pura, se pesa y después se la reduce ya sea por el carbón o por el cianuro.

2.° Si la muestra es una arena o aluvión muy pobre, se hace antes de todo, una separación mecánica del estéril, por lavajes sobre 500 a 1000 grs. del mineral, según la riqueza presumida, y después se aplica el procedimiento anterior.

Si el mineral contuviere tungsteno, antes de proceder a la reducción, se trata el concentrado por 50 a 100 c.c. de amoniaco, se lo deja actuar a suave temperatura durante una hora y después se filtra.

El ácido túngstico, disuelto en el amoníaco, puede ser recibido y pesado según los métodos conocidos.

Dosificación del estaño por vía húmeda

El procedimento por vía húmeda, se efectúa raramente, a menos que se trate de hacer un análisis completo del mineral.

Como para los procedimientos por vía seca, es indispensable, sino se trata más que de la determinación del estaño y si el mineral no es muy rico, de hacer una purificación previa de la materia antes de proceder al análisis químico.

Como no será posible trabajar sobre todo el residuo enriquecido, se tendrá cuidado después del tratamiento, de calcinar y pesar la casiterita purificada, para poder relacionar los resultados al porcentaje de la materia primitiva.

La pulverización de la muestra, debe ser lo más perfecta posible, sobre todo si se va a emplear la disgregación sulfurante.

Entre todos los procedimientos empleados, uno de los más aceptables por los resultados que se obtienen y por la rapidez con que se opera, es el de una disgregación previa por el bióxido de sodio.

Este procedimiento, además de las ventajas mencionadas, permite en una sola operación, la disgregación total de la casiterita.

Se opera sobre uno o dos gramos del mineral finamente pulverizado: se lo introduce en un crisol de hierro o de plata y mezcla íntimamente con cuatro o cinco veces su peso de bióxido de sodio. Se lo lleva al rojo sombra y después durante algunos minutos al rojo vivo. El ataque siempre es perfecto.

Después de enfriamiento, se toma por agua y lleva a un gran vaso de vidrio: terminada la disolución se lo trasvasa a un matráz graduado de 500 c.c. de capacidad: se completa el volumen, filtra y mide 100 c.c., se acidifica ligeramente por el ácido clorhídrico o nítrico, diluye y añade un exceso de una solución concentrada de nitrato de amonio, (15 a 20 grs.), y se calienta algún tiempo. Todo el estaño se precipita bajo la forma de bióxido hidratado. Después de un cierto reposo se decanta, se echa sobre un filtro y lava con agua hirviendo. Se seca, calcina y pesa el óxido de estaño.

Análisis completo de la casiterita

Indicaremos brevemente uno de los procedimientos más aceptables,—reducción del bióxido de estaño por el hidróge-

no, que varía en sus detalles, según se trate para una casiterita pura o impura.

1. *Casiterita pura.* Las casiteritas puras, contienen solamente un poco de cuarzo y sesquióxido de hierro, algunos centígramos por lo general.

Su ataque completo por el hidrógeno puro, es difícil y largo de obtener, pues el estaño, recubriendo los granos de una envoltura metálica fundida, hace que el hidrógeno los atraviese muy lentamente. No se llega a hacer un ataque completo en algunas horas, sino se mezcla el mineral con su peso de cuarzo puro y pulverizado, que divide la materia y facilita el acceso del hidrógeno.

Se trata dos gramos del mineral, pulverizado y los gramos de cuarzo en polvo exactamente pesados, por una corriente de hidrógeno seco, en una navecilla de porcelana colocada en un tubo también de porcelana. Se calienta progresivamente hasta el rojo sombra, donde se lo mantiene durante una hora y media próximamente, para obtener una reducción completa sin fusión; después se termina calentando al rojo vivo durante un cuarto de hora, para evitar que el hierro y el estaño reducidos sean pirofóricos; se deja enfriar en la corriente de hidrógeno y pesa la navecilla, cuya pérdida de peso representa la cantidad de oxígeno sacada en la reducción; si el mineral es puro, esta pérdida de peso, permite calcular con bastante exactitud el óxido de estaño.

Se trata el residuo por el ácido clorhídrico concentrado, que deja insoluble únicamente el cuarzo; su peso, deducción hecha de los dos gramos de cuarzo agregados representa la ganga insoluble. En la solución clorhídrica se precipita el estaño por el ácido sulfhídrico, se filtra y dosifica el hierro en la solución filtrada por los métodos ordinarios, después de la expulsión del ácido sulfhídrico y de la peroxidación correspondiente.

2. *Casiterita impura.* Un mineral de esta clase puede con-

tener además del bióxido de estaño, sesquióxido de hierro y cuarzo, mispickel, calcopirita, wolfram y hierro titanado.

El análisis puede efectuarse del siguiente modo: 2 gramos del mineral porfirizados, se tratan por agua regia diluida en un volumen igual de agua; así, solamente se disuelve la pirita y el mispickel. La solución filtrada, puede contener cobre, hierro, arsénico, sulfatos, etc., utilizando con ella un procedimiento analítico apropiado según sea la naturaleza de los cuerpos que contenga.

El residuo lavado, calcinado y pesado, contendrá bióxido de estaño, wolfram y el hierro titanado, que resisten al primer ataque. Se hace una reducción por medio del hidrógeno, como en el caso anterior, pero sin adición previa de cuarzo, inútil cuando el mineral es impuro: se calienta durante dos horas al rojo sombra y después media hora al rojo vivo. El residuo se trata en una cápsula por ácido clorhídrico diluido, adicionado de algunas gotas de ácido nítrico, que disuelve solamente el estaño y el hierro, (provenientes del wolfram y del hierro titanado), y deja insoluble el wolfram y el bióxido de titano con el cuarzo. Se dosifica el estaño y el hierro en la solución clorhídrica, del mismo modo que en el caso anterior.

El residuo se trata en caliente por agua regia concentrada durante varias horas para atacar el wolfram; se decanta el agua regia, que lleva todavía un poco de hierro y de manganeso, que se añade al hierro principal de la operación anterior.

El residuo se trata por el amoníaco, que disuelve el ácido túngstico y deja insoluble el cuarzo y el ácido titánico, que se separa por una fusión con bisulfato de potasio.

Para obtener resultados más exactos del azufre y del arsénico, se puede tratar un peso más grande del mineral, (5 a 10 gramos), por el agua regia diluida e investigarlos en la solución respectiva.

Resultados analíticos de los minerales de estaño (1)

Bióxido de estaño
Bióxido de titano
Anhídrido silícico
Oxido férrico
Oxido alumínico
Oxido manganoso
Oxido cálcico
Oxido magnés
Oxido potásico
Oxido sódico
Azufre
Arsénico
Cobre
No dosado

Minerales
Casiterita
Concent

1 Efectuados por procedimientos indicados anteriormente.

MINERÍA DE ESTAÑO

Las minas «San Salvador»

Sacamos estos datos referentes a la minería del estaño en la región que nos ocupa, de una publicación hecha por el señor don Salvador Mesquita [1], con motivo de la exhibición en la Exposición Industrial de 1910, de algunas muestras del mineral extraído de ellas.

Historia. Según se dice, hace muchos años, un cateador descubrió en el sitio en que están hoy las minas, una veta que creyó fuera de minerales de plata; con algunas muestras que llevó a Tinogasta, consiguió interesar a varias personas de aquella localidad, las que pidieron una concesión bajo el nombre de «Minas del Durazno», [por la proximidad de una finca llamada así]. Pero antes de emprender ningún trabajo en el cerro, constataron que el mineral descubierto no contenía plata y abandonaron todo.

Posteriormente, en Diciembre de 1906, una de aquellas muestras fué a parar a las manos del actual propietario, quien habiendo constatado en ella la presencia del estaño, metal completamente desconocido por los mineros de aquella región, hizo averiguaciones y cateos y denunció la propiedad actual.

1 Algunos datos sobre las minas de estaño «San Salvador», Buenos Aires, 1910.

sobre la base de la veta «Descubridora», que es probablemente la misma que el primer cateador había denunciado años atrás.

Situación Las minas están ubicadas en la provincia de Catamarca, en la Sierra de Zapata, en los cerros llamados Grande y Tres Mogotes, a una altura de 2.800 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de cinco leguas y media del pueblo de Londres, nueve de la Villa de Belén y trece o catorce de Tinogasta.

El acceso a las minas, cuando se empezaron los trabajos de exploración, era casi imposible, tal eran de ásperos e inaccesibles aquellos cerros, habiéndose visto obligado el Sr. Mesquita, para poder llegar a ellas llevando algunas cargas, a hacer abrir con dinamita una senda de más de ocho leguas, desde el pie de la Sierra de Zapata, del lado de Tinogasta.

Más tarde, cuando adelantaron los trabajos de prolongación de la línea del Ferrocarril Argentino del Norte, se decidió establecer las comunicaciones por el lado de Londres, aprovechando la estación «Cerro Negro», que dista de aquella población doce o catorce leguas.

La empresa no era fácil, pues la falda oriental de esta Sierra, esta cortada casi a pique, formando una muralla inaccesible que separa en aquel punto el departamento de Belén del de Tinogasta. Ocho meses de labor, con tres cuadrillas de peones y muchos cajones de dinamita, se emplearon en labrar el hermoso y atrevido camino de tropas que, salvando una distancia aproximada de tres leguas, baja hoy de las minas hasta los campos de la Aguada, distantes dos leguas y media del pueblo de Londres.

Habiéndose decidido posteriormente levantar en la quebrada de la Aguada un establecimiento para la concentración de los minerales, ha sido necesario construir un camino carretero que, partiendo de un punto del carril que va de Londres a Cerro Negro, distante tres leguas del primero de estos pueblos,

dé acceso directamente al establecimiento. Debido a la naturaleza del suelo, hubo que vencer muchas dificultades en la construcción de este camino.

Las distancias definitivas son: de Cerro Negro al establecimiento, diez y seis leguas de camino carretero; del establecimiento a las minas tres leguas de camino de herradura.

Los fletes a pagar por tonelada, desde el establecimiento hasta el Rosario o Buenos Aires, oscilan entre cincuenta y sesenta pesos moneda nacional.

El Congreso Nacional ha votado hace tiempo los fondos para el estudio de un ramal que partiendo de Cerro Negro debe pasar por Londres y Belén.

Si ese Ferrocarril llega a ser construído, el establecimiento quedaría a unas tres leguas de la vía férrea, con las consiguientes ventajas para el desenvolvimiento futuro de las minas.

Descripción de las minas y trabajos hechos

La propiedad consiste en tres pertenencias, que abarcan las principales vetas descubiertas hasta hoy en el Cerro Grande y dos socavones, uno en dicho cerro, llamado socavón «Emina», que ampara una extensión superficial de 1000 metros a cada lado de su entrada por tres mil metros en el sentido de su longitud; y otro, el socavón «San Enrique», en el cerro contiguo llamado «Tres Mogotes», con las mismas dimensiones que el anterior.

Completan la propiedad, un derecho de tierras adquirido en la quebrada de la Aguada, donde se ha construido el establecimiento de concentración, y una concesión de aguas, otorgado por el Gobierno de Catamarca.

Se han explorado numerosas vetas, variando las potencias de las minas entre sesenta centímetros y dos metros, y dando

minerales cuyas leyes oscilan entre trece y sesenta y cuatro por ciento de estaño metálico.

Maquinaria. La maquinaria adquirida en la casa Humboldt de Alemania, consta de: una caldera tubular alimentada a leña y motor de veinte y seis caballos; un molino de bolas número 3; un clasificador Strom; dos juegos de spitzkasten; dos cribadoras de tres compartimentos cada una; dos mesas de concentración Humboldt y una bomba centrífuga para elevar agua.

Tiene una capacidad de diez toneladas en diez horas de trabajo, estando todo preparado para duplicar, triplicar o cuadruplicar esta producción, si el resultado de la exploración de las vetas en profundidad, así lo aconseja.

Como construcciones, las minas cuentan, arriba con una casa para Administración y cuatro para peones. Abajo, en la quebrada, están construídos, el edificio para el establecimiento de concentración y tres casas más, una para la Dirección y Administración, otra para habitación particular y otra para empleados y peones.

Exportación. Ha sido iniciada con una remesa de 20,000 kg. de «barrilla» o concentrados de casiterita, con una ley de 70 %, consignada a la Metallgesellschaft de Frankfurt.

Estos concentrados por su pureza, han sido destinados a enriquecer otros concentrados de ley menor, por cuyo motivo son muy solicitados.

Resumen y conclusiones

1) —En la Sierra de Gualampajá, provincia de Catamarca, aflora formando parte de una masa de rocas graníticas muy extensa, sobre todo en la dirección meridional, una granitita, caracterizada por la predominancia de pertita, micropertita, albita y biotita.

2) —Las rocas graníticas han sido denudadas a profundidad considerable, hasta la formación de una planicie de destrucción, que todavía hoy día tiene extensión grande y que forma la base de una serie de areniscas de gran espesor, representando probablemente la parte de los estratos de Gondwana correspondiente al paleozoico superior hasta mesozoico inferior.

3) —En esta planicie, debajo de las areniscas aflora una granitita alcalina, en la extensión de 5 km. por lo menos, de sud a norte, que se puede considerar como facies de constitución de la granitita y que se divide por su parte en varias facies de estructura.

4 —La granitita alcalina caracterizada por la presencia del topacio, la coloración clara de la biotita, que a menudo es litionita, está acompañada por sus dikes, es decir, de granitita porfírica, pegmatita y aplita y de un grupo de pegmatitas posteriores, faltando o siendo muy escasos solamente los productos más ácidos de la diferenciación.

5 —Estas rocas de dikes muestran, con la frecuencia del topacio, la alteración de la mica, la formación de granate y

por otros indicios, la influencia de los procesos neumatolíticos, especialmente las pegmatitas del segundo grupo: tomando parte en su composición, como constituyente primario, muy probablemente también la casiterita.

6)—Ha sido muy intensa la influencia de los agentes mineralizadores al fin de la diferenciación magmática y después de la solidificación de la granitita y sus derivados. Bajo su acción, la roca materna y principalmente las pegmatitas del segundo grupo han sido alteradas y transformadas.

7)—Estos procesos son los bien conocidos, cuyo producto final es el greisen. Entre las numerosas transiciones de las rocas alteradas se pueden distinguir dos productos principales, es decir: rocas caolinizadas, sin o con minerales de nueva formación como cuarzo, topacio, casiterita y fluorita, y el greisen verdadero, en que el feldespato ha sido por completo sustituído por cuarzo, mica clara y topacio.

El mineral más resistente es la biotita, que se encuentra aun frecuentemente también en las rocas completamente transformadas en greisen.

8)—En general, los productos de la caolinización contienen más casiterita, habiéndose concentrado este mineral en distribución irregular, a menudo en nidos sumamente ricos. En otros productos también el topacio ha sustituído, en agregados desmenuzables, al feldespato, hasta tal grado que se puede hablar de una roca de topacio.

9)—Probablemente después de la formación de la planicie de destrucción se han depositado en las cavernas e intersticios de las pegmatitas y de la granitita caolinizadas varias calcedonias llenando grietas e impregnando las rocas friables; además en esta época se han formado minerales de cobre, transformados en malaquita y azurita, que se presentan en costras delgadas tapando las paredes de las grietas.

10)—Por los movimientos ulteriores del terciario, una parte

de los yacimientos ha sido alterada. Las dislocaciones, diaclasas con poco rechazo y fallas, tienen poca importancia; sin embargo han destrozado las rocas como el greisen y aplastado a las caolinizadas blandas, mezclando los fragmentos considerablemente en algunos lugares.

En cuanto al porvenir de las minas de estaño «San Salvador», lo dirá el resultado de la exploración metódica que se está realizando en ellas, bajo dirección y personal competente y que, día a día, van poniendo a descubierto nuevos y ricos depósitos de mineral. Si a esto se agrega la pureza del mismo, demostrada por los análisis de numerosas muestras procedentes de diversas partes de la región mineralizada, hay fundados motivos para esperar, que en un futuro no muy lejano, la República Argentina contribuirá en buena parte a la producción mundial del estaño, metal comercial de gran valor, de importancia industrial cada día más grande y cuyas fuentes de producción tienden en general a decaer.

MARCOS M. GUTIÉRREZ.

Buenos Aires, Mayo 31 de 1913.

Presentada en la fecha con setenta y siete páginas.

Pedro J. Coni.
Secretario.

Buenos Aires, Mayo 31 de 1913.

Pase a la Comisión examinadora N.° 22 para que se sirva estudiar la presente tesis.

SARHY.
Decano.

Pedro J. Coni.
Secretario.

En la ciudad de Buenos Aires, a los doce días del mes de Junio de mil novecientos trece, la Comisión examinadora respectiva procedió a examinar la tesis presentada por el ex-alumno Marcos M. Gutiérrez, para optar el grado de Doctor en Química, y resolvió aceptarla.

Eduardo Aguirre. — Angel Gallardo. — Julio J. Gatti. — Cristóbal M. Hicken. — Jacinto T. Raffo. — Angel Sabatini. — Atilio A. Bado. — Jorge Magnin. — Guillermo F. Schaefer.