

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

S U M A R I O

ROBERTO J. POLJAK Y RAÚL A. ZARDINI, Una Antigorita de Mendoza	81
JUAN PABLO DI LENA, Contribución al conocimiento geológico de Cabo Primavera, Costa de Danco, Península Antártida.....	94
JORGE FÉLIX VILLAR FABRE, Sobre un sulfato de aluminio de Calingasta.....	104
CÉSAR REINALDO VILELA, Características de la napa freática en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.....	108
RAÚL N. DESSANTI, Vetas metalíferas y fracturas en la mina « Angela », departamento Gastre, Chubut.....	116

BUENOS AIRES
REPUBLICA ARGENTINA

—
1956

REVISTA
DE LA
ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

Tomo XI

Abril de 1956

Nº 2

UNA ANTIGORITA DE MENDOZA

POR ROBERTO J. POLJAK Y RAUL A. ZARDINI

RESUMEN

Estudio mineralógico y cristalográfico de una antigorita de Mendoza. Los datos de difracción de rayos X llevan a deducir el ángulo axial $\beta = 90^\circ$, que corresponde a orto-antigorita, para la cual es éste el segundo caso analizado en la literatura mineralógica.

Introducción. — Durante el estudio geológico de los cuerpos serpentínicos de Mendoza, realizado por Raúl A. Zardini como trabajo de Tesis para la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata, se recogió una muestra de serpentina cuyo estudio mineralógico fué hecho por Roberto J. Poljak. Debido a la actual importancia de la mineralogía de este grupo creemos oportuno dar a conocer los resultados obtenidos, acompañándolos, en cada caso, de una reseña de los métodos experimentales utilizados.

Yacimiento. — Los cuerpos serpentínicos mendocinos afloran entre las rocas metamórficas de la unidad morfoestructural Cordillera Frontal. La edad de esas rocas se atribuye al Precámbrico (Proterozoico?). Esta unidad integra el Macizo Cordillerano de los Andes. Los cuerpos serpentínicos estudiados están ubicados en los primeros espolones de la Cordillera, donde el río de Las Tunas desemboca en su inmenso cono de deyección.

El complejo metamórfico está representado por: serpentinitas, calizas cristalinas, cuarcitas, esquistos. Acompaña además un cuerpo intrusivo filónico mesosilícico, al que, por conocimiento de la geología regional, podemos atribuir edad hercínica. Exceptuando las serpentinitas y el cuerpo mesosilícico, el resto de las rocas revela haber alcanzado un metamorfismo cercano a la facie de anfibolita.



Como característico de estos cuerpos serpentínicos, existe gran desarrollo de anfíboles, que han sufrido los procesos propios de talquización y carbonatación.

El rumbo de las estructuras en que se presentan estas rocas es en general NE-SW, coincidentes con las estructuras regionales. Los cuerpos serpentínicos son filónicos, lenticulares, pequeños y alternantes con la roca de caja, aunque también tienen formas globosas. Su descripción y estudio detallado se halla en el trabajo de Tesis anteriormente mencionado.

Descripción macroscópica. — La muestra aquí estudiada, proveniente de uno de esos cuerpos, reúne los caracteres megascópicos propios de la serpentina: es negruzca masiva, sin estructura ni textura. En ella se destacan puntos oscuros y brillantes de magnetita. En la superficie de alteración meteórica el color castaño claro y los gránulos brillantes se hacen opacos y quedan resistiendo la erosión, acentuándose sus lineamientos poligonales.

Descripción microscópica. — En un corte delgado se advierte una asociación de pequeños gránulos, de índice de refracción y colores de interferencia altos, que no presentan clivajes, pero sí un “parting”; algunos son tabulares y muestran extinción recta. Generalmente tienen tamaño uniforme y aparecen inmersos en la masa serpentínica, se los puede clasificar como olivina.

La roca está constituida esencialmente por los minerales de la serpentina; entre ellos podemos distinguir, en base a su morfología: antigorita y “crisotilo”. La primera está representada por láminas y pajuelas distribuidas en el corte, las láminas mayores están relacionadas con los grandes cristales de magnetita. En cuanto al “crisotilo” se muestra en agregados fibrosos cuyas fibras son paralelas; aquí es donde los pequeños granos y cristalitas de magnetita, salpican, por así decir, toda la zona. En otras la serpentina es microcristalina con aspecto de isotropa; alguna pajuela de serpentina anisótropa rompe la monotonía de estas zonas.

Un mineral de aspecto micáceo, de color verde pálido, débilmente pleocroico, de colores de interferencia altos, de clivaje tipo micáceo bien desarrollado, sugiere ser clorita. Apoya esta decisión la paragénesis que cita Du Rietz de magnetita y clorita, muy semejante a la presente, y el hecho concreto de su determinación por rayos-X, eliminando previamente la estructura de antigorita por calentamiento.

La magnetita es característica por sus gruesos cristales de linea-

mientos poligonales, pero de bordes sumamente irregulares, cuyas dimensiones máximas son 2 mm de largo por 1 mm de ancho; presentan un sistema de fracturas paralelas en las cuales se desarrolla serpentina. Podemos anotar además la presencia de algunos gránulos de hematita.

El índice medio de refracción del mineral serpentínico laminar, fué determinado para luz corriente (filamento de tungsteno) y resultó ser $n_m : 1,563$.

Análisis químico. Fórmula estructural. — El presente análisis fué realizado en los laboratorios de la Dirección Nacional de Minas, por métodos corrientes para el análisis de silicatos. El examen microscópico de la serpentinita reveló la presencia de antigorita, calcita, magnetita y clorita, a más de otros accesorios en cantidad insignificante. La presencia de CaCO_3 (calcita) no aconseja el procedimiento de pérdida al rojo para la determinación del “agua de constitución” dato importante para antigorita. Aún para el método de Penfield esta circunstancia sería contraproducente, (disminución del peso aparente del agua, debido al hecho de que el CO_2 es de densidad mayor que el aire); otras fuentes de error, principalmente presencia de sustancias volátiles y posible oxidación de Fe^{++} a Fe^{+++} , no pueden haber tenido participación notable en los errores del método.

De entre los valores dados para los óxidos analizados llama la atención el relativamente bajo dado para FeO .

Análisis químico de antigorita:

Oxidos:	%
SiO_2	40,24
Al_2O_3	3,94
Fe_2O_3	5,77
FeO	0,54
MgO	35,38
CaO	2,96
pérdida al rojo	10,12
$\text{H}_2\text{O}^{110^\circ \text{C}}$	1,26
materia orgánica	0,18
Total	100,39

A partir de estos datos intentaremos arribar a la fórmula estructural de antigorita: Sabiendo que en el CaCO_3 (calcita) las proporciones gravimétricas de CaO y CO_2 son, respectivamente, 56 y 44%, y adjudicando todo el CaO analizado a calcita, (para el cual son necesarios 0,64 % C) obtenemos como por ciento de “agua” $\text{H}_2\text{O} : 9,48\%$.

Asignando todo el FeO presente a magnetita, cuyas proporciones:

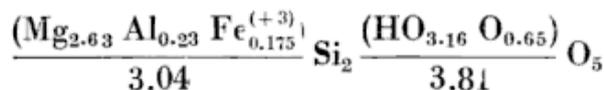
gravimétricas en FeO y Fe₂O₃, son, respectivamente, 31 y 69 %, y haciendo el descuento necesario de Fe₂O₃, arribamos a la siguiente composición de antigorita en porciento de óxidos:

SiO ₂	43,00
Al ₂ O ₃	4,21
MgO	37,80
Fe ₂ O ₃	4,88
FeO	—
H ₂ O	10,11

y al siguiente número relativo de iones:

Si:	0,715 = 2	
Mg:	0,94 = 2,63	} 3,04
Al:	0,0827 = 0,23	
Fe (+3):	0,061 = 0,175	
H:	1,13 = 3,16	} HO (3,16) + O (0,65)
O:	3,15 = 5,65	

Resulta más aceptable, como se ha hecho, igualar dichos números de acuerdo a la relación 0,715 = 2; vale decir, admitiendo como ideal el número de iones Si presente, (pues igualando para O=9 se obtienen errores por sobre el 2 % en el número de iones Si y mayores aún en los de posición octaédrica y tampoco así se llega a un resultado próximo al ideal para los iones HO). La fórmula estructural resulta ser:



que no se aleja tanto de la ideal Mg₃ Si₂ HO₄ O₅ como pudiera esperarse por las limitaciones experimentales. Estas condiciones nos impiden hacer una consideración detallada de la deficiencia de HO; no obstante, señalemos que todo el Fe presente es Fe⁺³ (oxidación de Fe⁺⁺ a Fe⁺³ ?).

Microscopía y difracción electrónica. — Pulverizando el mineral, suspendiéndolo en agua destilada y montando luego una gota de solución sobre una membrana de formvar, se obtuvo un preparado para observación por microscopía electrónica (microscopio electrónico Philips Metalix, Laboratorio Difracción, Comisión Nacional de la Energía Atómica) ¹.

¹ Agradecemos al personal de dicho Laboratorio la colaboración prestada.

La antigorita se presenta en laminillas anhedrales como se ve en la figura 1. Enviando un haz paralelo sobre las más delgadas de ellas se han intentado diagramas de difracción electrónica. Generalmente se observaron dos o más espectros superpuestos y escasa aptitud para la difracción. Ello puede ser un indicio de la imperfección del clivaje basal (CO1), imperfección que permite la superposición de dos o más espectros, aumentando además la absorción de los electrones.

Difracción de electrones.— Antes de exponer los resultados obtenidos por este método haremos una breve reseña del mismo, cuya aplicación a los estudios cristalográficos es cada día mayor.

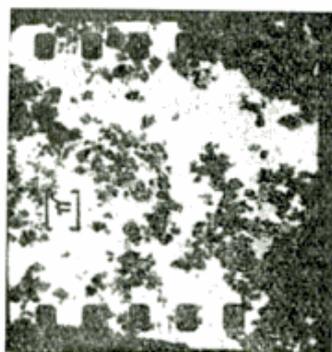


Figura 1

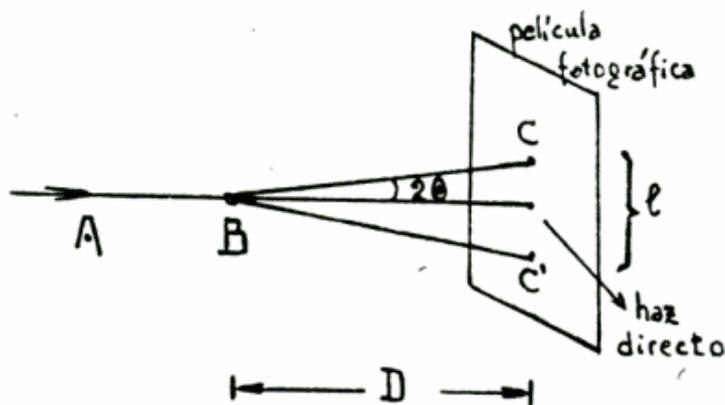


Figura 2

Un haz de electrones es difractado por la materia como un tren de ondas, lo que permite encarar la investigación de las estructuras cristalinas por difracción de electrones. Este método es valioso en casos en que la aplicación de rayos X es difícil o imposible: así por ejemplo, la cantidad de materia requerida es extremadamente pequeña con respecto a la utilizada en los métodos roentgenográficos; el tiempo necesario para impresionar la película es del orden de segundos y aún de fracciones de segundo.

Con el microscopio electrónico utilizado, se puede aislar una partícula previamente observada por microscopía, mediante diafragmas, y enviando sobre ella un haz paralelo de electrones, se obtiene sobre pantalla fluorescente o sobre película fotográfica interpuesta, un diagrama de difracción (monocristal) por transmisión. Como la absorción de electrones es muy efectiva, la partícula deberá ser suficientemente delgada. Si en vez de enviar el haz paralelo sobre una partícula, se lo hace incidir sobre un conjunto de ellas, se obtiene un diagrama Debye (polvo cristalino).

Supongamos (fig. 2), el caso de una partícula (monocristal) situada en B, sobre la cual incide un haz paralelo AB, que es difractado según

BC y BC'. Como la longitud de onda λ , es del orden 10^{-1} a 10^{-2} A°, los ángulos ϑ de Bragg son muy pequeños. Resulta entonces:

$$2\vartheta = l/2D; \quad \vartheta = l/4D$$

$$\lambda = 2d\vartheta$$

d : espaciado reticular

$$\lambda = dl/2D \quad \therefore \quad d = 2D\lambda/l \quad (1)$$

El diagrama correspondiente es la proyección sobre la película fotográfica del plano del retículo recíproco perpendicular al haz incidente. Conociendo λ se puede obtener d por la ecuación (1).

La longitud de onda de un haz cuyos electrones han adquirido velocidad homogénea debido a la constancia del potencial aplicado al tubo generador, es:

$$\lambda = h/mV \quad h: \text{constante de Planck}$$

en función de dicho potencial la velocidad de los electrones será:

$$1/2mv^2 = eV/300$$

$$\therefore \quad \lambda = h/mV = h\sqrt{15}/\sqrt{Vem} \quad V: \text{potencial en volts}$$

para el orden de exactitud con que se conocen h , e , m ; $h/\sqrt{em} = 10^{-8}$ será:

$$\lambda = \sqrt{150/V} \text{ A}^\circ$$

para potenciales mayores de 10.000 volts es más exacta la expresión relativista:

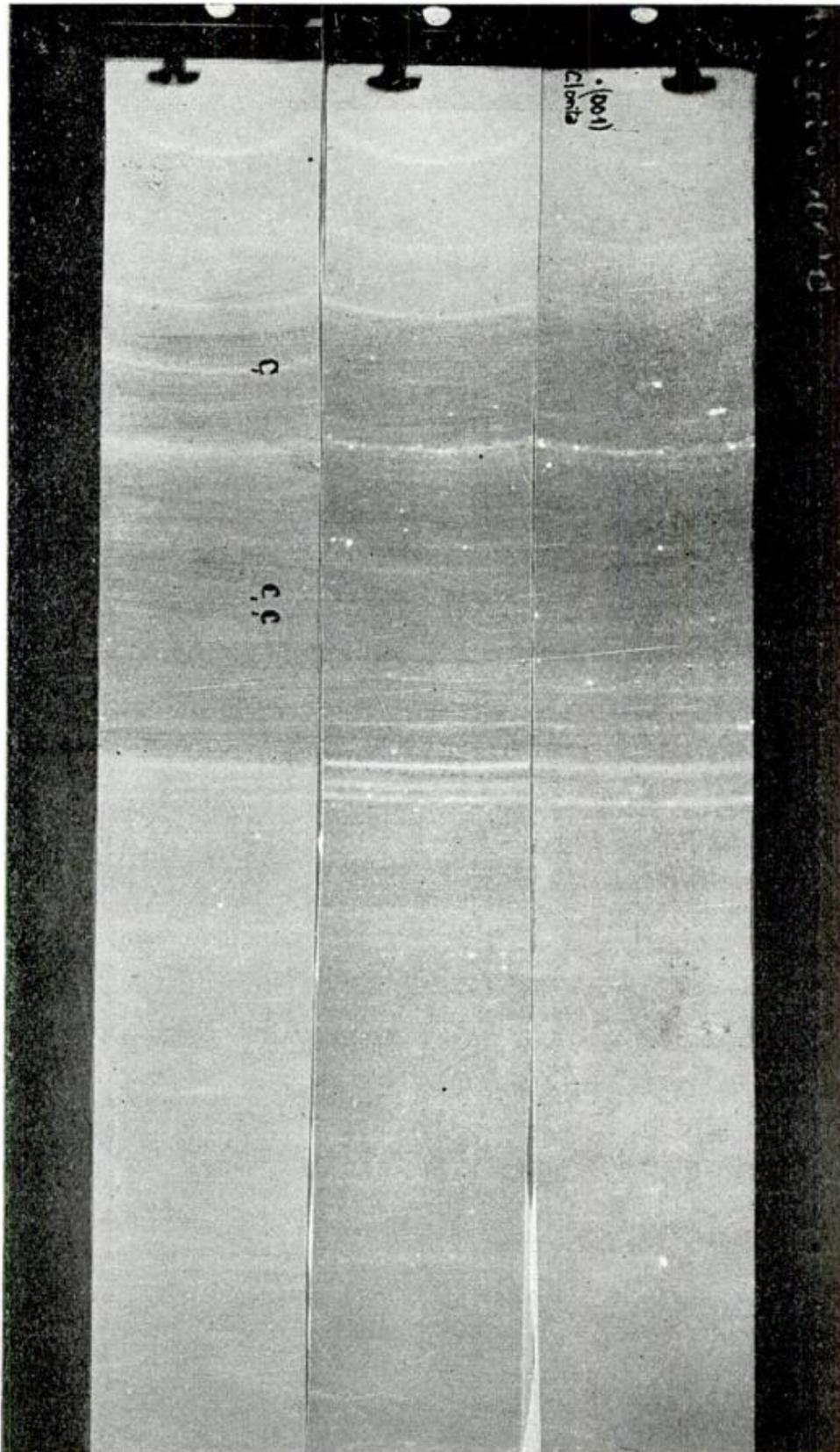
$$\lambda = h\sqrt{150/eVm_0} / (1 + eV/1200m_0C^2)$$

con cuya solución es posible el cálculo de d según la ecuación (1).

Para prevenir el efecto de variaciones de potencial, con la consiguiente variación de λ , es usual "sombrear" los preparados con alguna substancia cuya constante reticular sea bien conocida y con la cual se ajusta la constante λ . Dicho sombreado se obtiene por vaporización en alto vacío de un metal; en nuestro caso se utilizó oro ($a_0 = 4,07$).

Finalmente se obtuvieron, por diagramas de monocristal, los siguientes valores para las constantes a_0 y b_0 :

$$a_0 = 5.36 \quad b_0 = 9.235 \text{ (A}^\circ\text{)}$$



1

2

3

Fig. 3. — Diagramas de polvo cristalino : 1, diagrama de serpentinita (c: líneas debidas a calcita) ; 2, diagrama de antigorita, separada ; 3, diagrama de serpentina llevada a 600°C (se indica el primer orden (001) de las reflexiones basales de una clorita).

El valor de b_0 es muy próximo al obtenido por rayos X (ver más adelante), no tanto así el de a_0 , lo que indica que la relación $a_0 = b_0 / \sqrt{3}$ no se cumple estrictamente.

Los espaciados reticulares obtenidos por diagrama de polvo cristalino son menos exactos que los de rayos X, por lo que no consignaremos sus valores.

Difracción de rayos X.— Un diagrama preliminar (fig. 3 n° 1), sirvió para poner en evidencia una estructura tipo caolinitica con un espaciado basal de $d \cong 7,2 \text{A}^\circ$, como es la de antigorita. Además ratificó la presencia de calcita, principalmente por la línea de espaciado $d = 3,03$. A pesar del factor atómico (poder de difracción) bajo de los átomos de este mineral, su elevada estructura y los tiempos relativamente largos de exposición para la obtención de un diagrama nítido de antigorita, son las causas de aparición de líneas de calcita, poco abundante en la serpentinita. Un ataque con HCl diluido eliminó casi completamente al carbonato; la magnetita fué separada por líquidos pesados (bromofórmico). El diagrama obtenido sobre el material, luego de ese tratamiento, se da como típico de antigorita.

Dimensiones: Un registro fotométrico permitió triplicar las distancias entre las líneas del diagrama y tomar dichas dimensiones entre máximos de difracción. Se hizo una corrección por contracción de película ($4 \text{ } \text{‰}$) y ninguna por absorción y diámetro de preparado, esto último por el dispositivo, en cuña sin aglutinante, con que se montó el mismo. La persistencia de la línea de espaciado $d = 3,03$, apenas visible, debida a calcita, permite cobrar una idea sobre la exactitud de las dimensiones calculadas. La constante reticular calculada en base a dicha línea es $a_0 = 3028,93$ unidades X, que comparado con el valor ideal $a_0 = 3029,04$, da la diferencia $0,00011 kX$; $\frac{\Delta d}{d} = 0,000036$, muy por debajo de los errores experimentales corrientes. En todo momento la longitud de onda de la radiación utilizada, $\text{CoK}\alpha$ fué tomada como $\lambda = 1,78659 kX = 1,79020 \text{A}^\circ$.

En la Tabla I se dan los espaciados reticulares e intensidades estimadas, y se comparan dichos datos con los dados por Brindley (Brindley y von Knorring, 1954) y por Midgley (1951).

A partir del espaciado $d = 1,5395$ se han calculado $a_0 = \frac{b}{\sqrt{3}} = 5,33_{(3)}$

A y $b_0 = 9,23_{(7)} \text{A}^\circ$. Para $c_0 \cdot \sin \beta$ se obtiene un promedio (espaciados de los órdenes superiores (001) de $14,39_{(1)} \text{A}^\circ$, admitiendo una

estructura tipo amesita como la propuesta por Brindley (*loc. cit.*) y por Ito (1950), en la cual existirían dos capas de espaciado $d \cong 7,2 \text{ \AA}$ por malla elemental. Finalmente se ha hallado, gráfica y analíticamente, que para $\beta = 90^\circ$ se obtienen los mejores acuerdos entre espaciados calculados y observados, Tabla II.

Nuestro análisis pone en evidencia la existencia de líneas débiles no indicables, como las observadas por Brindley y anteriormente por Aruja (1945) quien, en un trabajo que no hemos podido consultar por no hallarse en las bibliotecas del país, las atribuye a una "supra-red" ("supperlattice"), o bien a una distorsión extendida regularmente.

El diagrama obtenido es muy similar al publicado por Brindley y von Knorring (orto-antigorita), por lo que muy probablemente sea el nuestro un segundo hallazgo de orto-antigorita. En nuestro diagrama aparece quizá mayor profusión de líneas, pero algunas de ellas difusas y poco visibles, y originadas quizá de minerales accesorios, lo que impide un análisis más exhaustivo. Digamos finalmente que el diagrama es diferente al de otras antigoritas y crisotilos de cuerpos ultrabásicos de Mendoza, cuyo estudio está realizando uno de nosotros (R. J. P.). Estos últimos son muy similares a los examinados por Gruner (1937).

Análisis termodiferencial.— El aparato utilizado para el presente análisis (efectuado en la Fac. de Ciencias Exactas y Naturales, Bs. As., Dpto. de Física), brevemente descrito por Galloni (1950), consta de: un disco de níquel (37 mm de diámetro y 15 mm de alto), que posee tres orificios (diámetro: 7 mm) y que se introduce sobre soporte refractario en un horno eléctrico (mufla de cuarzo), cuya temperatura aproximada se mide con una termocupla Pt-Pt, Rh. El terminal de un par cromel-alumel se coloca en uno de los orificios que contiene alúmina calcinada, y por equivalencia mV°C , se puede leer con gran precisión las temperaturas instantáneas en un potenciómetro. En uno de los dos orificios restantes se introduce alúmina calcinada, en el otro la muestra a analizar, y en ellos mismos, los terminales de un par diferencial cromel-alumel, que pasan además por los orificios de un segundo disco de níquel adosado al primero, para evitar el efecto del calor radiante sobre la muestra analizada. En un registrador electrónico (Brown Electronic Recorder), conectado en serie a una fuente constante de 4 mV, se obtiene un gráfico de las diferencias de potencial de la termocupla diferencial, sobre una escala 0-10 mV, que permite registrar así los procesos endo y esotérmicos a partir de un

TABLA I

Antigorita. Distancias entre planos reticulares

Antigorita * Mendoza		Antigorita (Brindley)		Antigorita (Midgley)	
$d_{(A^{\circ})}$	$I_{(est.)}$	$d_{(A^{\circ})}$	$I_{(est.)}$	$d_{(A^{\circ})}$	$I_{(est.)}$
7,148	9	7,33	10	7,51	10
5,160	$\frac{1}{2}$			5,20	$\frac{1}{2}$
4,805	$\frac{1}{4}$				
4,603	5df	4,597	6 B	4,59	5
4,240	$\frac{1}{2}$	4,403	1		
4,119	$\frac{1}{2}$	4,250	1		
3,990	$\frac{1}{2}$	4,088	1		
3,591	5	3,903	$\frac{1}{2}$	3,94	$\frac{1}{2}$
3,366	1	3,662	10	3,73	10
		3,528	$\frac{1}{2}$		
		3,348	$\frac{1}{2}$		
3,261	$\frac{1}{2}$				
3,173	1	3,172	$\frac{1}{2}$	3,105	3
3,035 (c)	1	3,015	$\frac{1}{2}$		
2,969	2				
2,880	$\frac{1}{2}$	2,855	$\frac{1}{2}$		
2,772	$\frac{1}{2}$	2,720	$\frac{1}{2}$	2,75	1
2,649	2	2,623	3	2,635	1
2,598	1			2,581	1
2,539	6	2,502	10	2,490	9
2,449	1	2,450	1		
2,379	2	2,425	1	2,420	1
2,326	$\frac{1}{2}$	2,335	7		
2,270	1			2,290	$\frac{1}{2}$
2,146	$\frac{1}{2}$	2,149	6	2,205	$\frac{1}{2}$
2,091	5			2,140	5
2,048	$\frac{1}{4}$				
2,017	2				
1,963	1	1,9629	7		
1,854	$\frac{1}{2}$				
1,836	$\frac{1}{2}$				
1,809	$\frac{1}{2}$	1,8154	$\frac{1}{2}$	1,814	1
1,790	$\frac{1}{2}$	1,7905	1	1,780	3
1,747	1	1,7392	1 B	1,725	1
1,725	$\frac{1}{2}$				
1,693	3			1,686	1
1,633	6	1,636	4	1,657	$\frac{1}{2}$
1,5395	10	1,5354	8	1,550	$\frac{1}{2}$
1,507	5			1,525	5

¹ Radiación $C_{\alpha}/Fe K_{\alpha}$ cámara diámetro 14,32 cm
(c) línea debida a dalcita.

Antigorita	Mendoza	Antigorita	Mendoza	Antigorita	Mendoza
$d_{(A^\circ)}$	I (est.)	$d_{(A^\circ)}$	I (est.)	$d_{(A^\circ)}$	I (est.)
1,483	6	1,299	1	1,140	$\frac{1}{2}$
1,436	$\frac{1}{4}$	1,289	$\frac{1}{2}$	1,131	1
1,414	2	1,272	1	1,111	1
1,400	$\frac{1}{2}$	1,232	$\frac{1}{2}$	1,094	1
1,381	1	1,206	1	1,072	$\frac{1}{4}$
1,350	$\frac{1}{2}$	1,198	2	1,053	1
1,328	2	1,189	1		
1,314	2	1,161	$\frac{1}{2}$		

TABLA II

Antigorita

hkl	$d_{\text{calc.}}$	$d_{\text{obs.}}$	Espaciados calculados con las siguientes constantes reticulares:
002	7,18	7,15	$a_0 = 5.33(3) \text{ \AA}^\circ;$
020	4,619	4,603	$b_0 = 9.23(7) \text{ \AA}^\circ;$
201	2,623	2,649	$c_0 = 14.39(1) \text{ \AA}^\circ;$
202	2,503	2,539	$\beta = 90^\circ;$
006	2,398	2,379	Densidad roentgenográfica
203	2,335	2,326	D = 2,56.
204	2,148	2,146	
205	1,9630	1,9630	0,006
008	1,7988	1,8090	0,00003
206	1,7907	1,7902	0,00005
240	1,7456	1,7465	0,002
207	1,6359	1,6330	—
060	1,5395	1,5395	0,001
062	1,5055	1,5073	0,002
00,10	1,4391	1,4360	0,003
064	1,4187	1,4140	0,001
209	1,3796	1,3812	0,0006
401	1,3276	1,3284	0,002
402	1,3113	1,3138	0,0007
066	1,2985	1,2994	0,0006
403	1,2853	1,2845	0,001
20,10	1,2740	1,2723	0,001
00,12	1,1992	1,1976	0,001

cero de equilibrio. El ritmo de calentamiento es de unos 10°C por minuto.

El termograma obtenido se reproduce en la figura IV, adjuntando otros obtenidos de la literatura, para comparación. La similitud entre los tres es evidente, sobre todo por la culminación del pico endotérmico (pérdida de los grupos H O y desaparición de la estructura normal) hacia los 700°C . El pico exotérmico que le sigue es menos acusado en la antigorita de Mendoza.

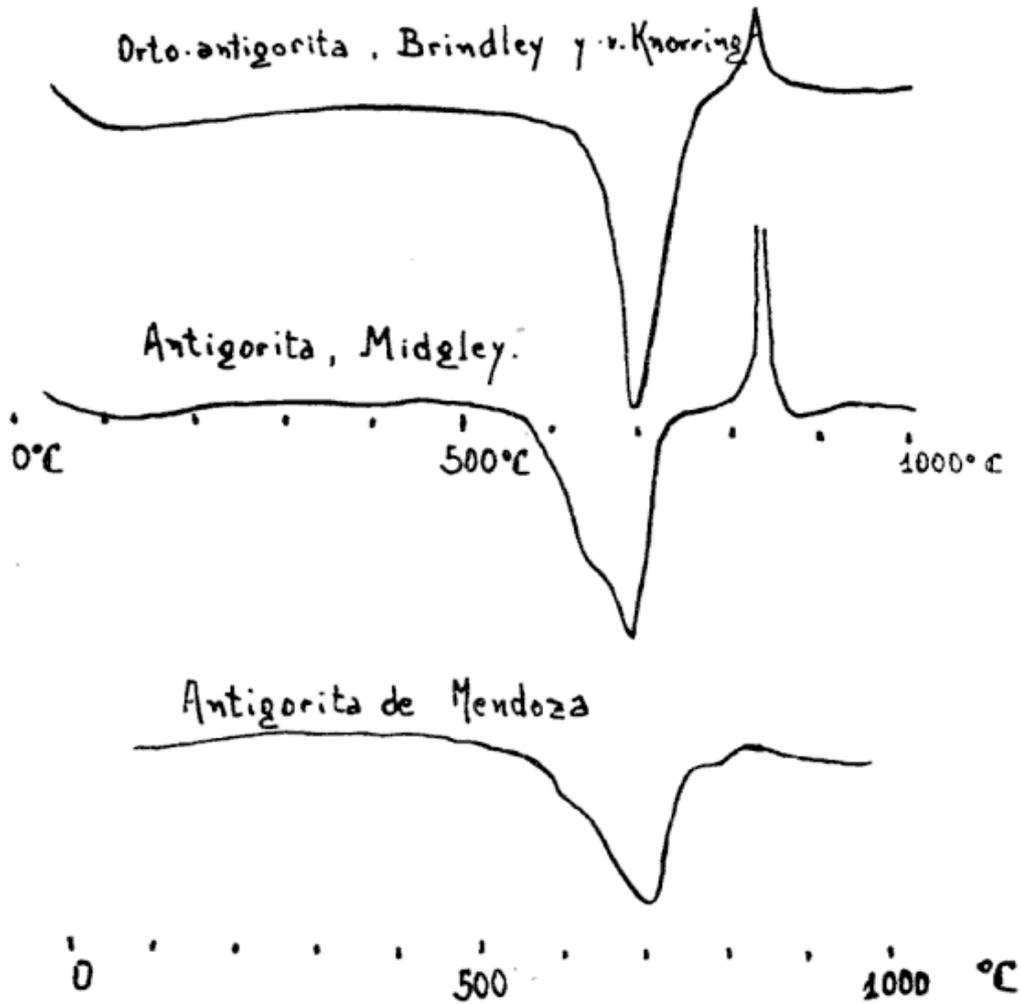


Fig. 4. — Termogramas de antigorita

Transformaciones térmicas: El mineral, tal como se presenta en la roca, es decir acompañado de calcita y magnetita, a más de clorita accesoria, fué sometido a las temperaturas de 400° , 600° , 800° y 1000°C , y estudiado luego por rayos X.

A 400°C el diagrama es en todo similar al de antigorita normal, salvo en lo que atañe a la intensidad de sus líneas, muy disminuída. A 600°C apenas quedan dos o tres líneas de la primitiva estructura, indicando su colapso; empero, se obtiene un diagrama con las carac-

terísticas reflexiones basales de clorita, de líneas difusas. Ello se explica por el hecho de que la estructura de antigorita ha desaparecido, en tanto que la de clorita, muy escasa en la roca, subsiste hasta 800° C o más.

A 850° C se obtiene un diagrama de olivina y de Fe₂O₃ superpuestos; la presencia de este último se explica simplemente por la oxidación completa de magnetita.

Finalmente, a 1000° C, las estructuras presentes son fundamentalmente iguales a las anteriores.

Agradecimientos. — Agradecemos al ingeniero E. E. Galloni y a la doctora M. J. Abeledo por su gentil asesoramiento en la parte experimentales del trabajo y por su interés y sugerencias.

ABSTRACT.— An optical, chemical, electron-microscopy, differential thermal analysis and X-ray diffraction study of an antigorite from Tupungato, Mendoza, Rep. Argentina.

X-ray diffraction analysis suggests that the axial angle $\beta = 90^\circ$, i. e., it is an ortho-antigorite. Pertinent data are given.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ARUJA, E. 1945. *Antigorita*, Min. Mag. 27 pp. 65-74.
- BRINDLEY, G. W. AND VON KNORRING, O. A. 1954. *A new variety of antigorita (ortho-antigorite) from Unst, Shetland Irlanda*. Am. Mineral. 39 pp. 794.
- DU RIETZ, T. 1935. *Peridotites, serpentines and soapstone of Northern Sweden*. Geol. Foren Stockholm Bd. 57 H. 2 pp. 135-260.
- GALLONI, E. E. 1950. *The Crystal structure of ferroam-zincian rhodochrosite*. Am. Mineral. 35 pp. 562-570.
- GRUNER, J. W. 1937. *Serpentines*, Am. Mineral. 22 pp. 97-103.
- ITO, T. 1950. *X-Ray Studies on Polymorphism*. Maruzen and Co., Tokyo (Libro) pp. 160-167.
- MIDGLEY, H. C. 1951. *A serpentine mineral from Cornwall*. Min. Mag. 29 pp. 526-530.
- SELFIDGE, G. C. 1936. *An X-ray and optical investigation of the serpentine minerals*. Am. Miner. 21 pp. 463-503.

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO GEOLOGICO DE CABO PRIMAVERA

COSTA DE DANCO, PENINSULA ANTARTIDA ¹

POR JUAN PABLO DI LENA

RESUMEN

Se da una breve reseña de las principales características morfológicas y un esbozo de clasificación de los glaciares característicos de Cabo Primavera.

En el perfil geo-cronológico se explican los principales rasgos geológicos que se encuentran sujetos a modificaciones originadas por futuras correlaciones y estudios.

Se considera que la semejanza existente en la constitución petrográfica de Cabo Primavera y los Andes Patagónicos, indica la continuidad de éstos en los Antartandes.

INTRODUCCION

Durante el desarrollo de la Campaña Antártica 1955/56, se ha llevado a cabo el relevamiento geológico-topográfico de la zona del Cabo Primavera, situado en el comienzo del Estrecho de Gerlache a los 62°20' de latitud S y los 64°09' de longitud O, aproximadamente.

Esta región se encuentra totalmente cubierta de hielo durante la época de invierno, observándose en el verano un deshielo paulatino que permite reconocer las rocas aflorantes que constituyen la plataforma de Cabo Primavera; estimándose en un 30 % del total presentado por dicho cabo la superficie descubierta durante la época diciembre-marzo.

La existencia de numerosos afloramientos en la zona nos ha permitido realizar su levantamiento geológico-topográfico.

¹ Contribución del Instituto Antártico Argentino n° 4.

MORFOLOGIA

El aspecto morfológico de Cabo Primavera indica la existencia de un relieve maduro en etapa de rejuvenecimiento, estando la carac-

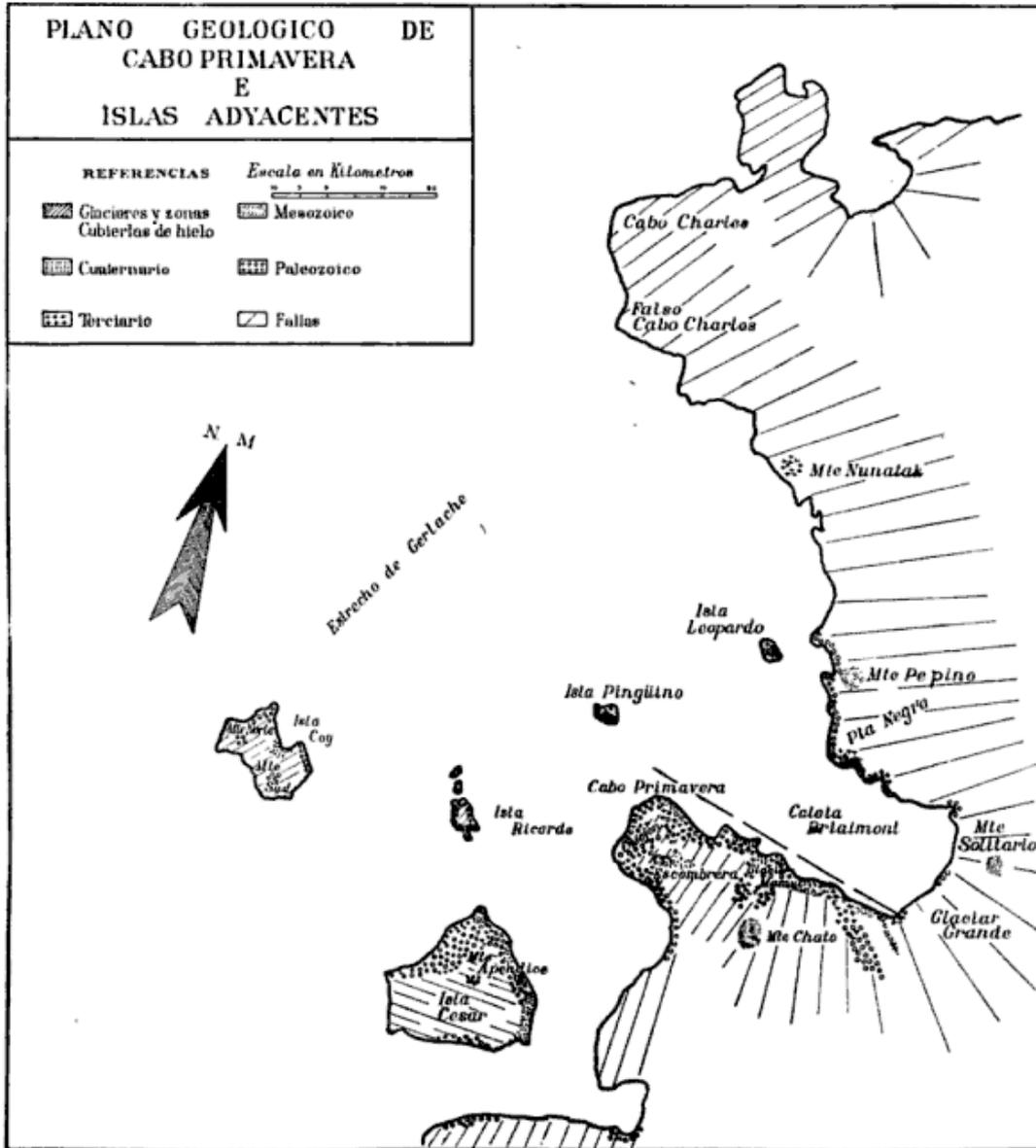


Figura 1

terística principal constituida por glaciares, valles, grupos montañosos y mesetas interiores.

Un canal de desagote con filetes bien definidos provenientes del campo de hielo¹ ubicado en la parte superior del mismo, tipifica una forma de glaciares característicos de esta región. Limitando la

¹ Campo de hielo: ice-field.

Caleta Brialmont, se han podido observar una docena de glaciares de este tipo. Entre los más grandes merece destacarse el "Glaciar Grande", que presenta una lengua de hielo de 3 km de ancho y una altura que oscila entre los 30 y 50 metros. La altura en que se halla el campo de hielo se estima en 500 m, aproximadamente.



Fig. 2. — Glaciar Manut. Cabo Primavera. Al fondo se observa el Glaciar Grande

Es característico de estos glaciares la existencia de grandes campos de grietas en los bordes frontales, donde las lenguas de hielo o bien los canales de desagote desembocan al mar, que son causa del continuo nacimiento de témpanos².

En la presente Campaña Antártica se pudo observar el desprendi-

²Témpanos: iceberg.

miento de un témpano que tenía un largo de 1.000 m con 30 m de alto y 100 m de ancho.

Otro glaciar más pequeño es el "Glaciar Mamut", que se origina en la ladera septentrional del Monte Chato; el ancho del canal de desagote en su borde frontal no alcanza los 300 m con una altura inferior a los 30 m. La existencia de morenas laterales y de fondo y la ausencia visible de las morenas frontales, son otra característica de este tipo de glaciar. En el caso del "Glaciar Grande" las morenas frontales deben encontrarse en el fondo de la Caleta Brialmont, puesto que éste desemboca en ella.



Fig. 3. — Cerro Pepino. Cabo Primavera

La convergencia general de los glaciares de Cabo Primavera se efectúa desde la meseta de la Costa de Danco hacia la Caleta Brialmont. Separando un glaciar de otro se encuentran elevaciones montañosas, como relictos del proceso erosivo sufrido por los cordones montañosos costeros de la Península Antártica, por ejemplo; el grupo del Monte Solitario y Monte Chato que dividen el Glaciar Grande de otros pequeños glaciares laterales.

El glaciar tipo calota³, se encuentra escasamente representado en la zona de Cabo Primavera, frente a la isla César. La característica general de este tipo es la suavidad del relieve que presenta, asemejándose a un domo, los bordes del hielo se precipitan a veces en el mar o bien se sumergen suavemente.

³ Calota: ice-sheet.

Esta forma de glaciares se encuentra muy representada en las islas Shetland y en la Península Antártica, existen casos de algunas islas totalmente cubiertas por glaciares de este tipo, como por ejemplo: el de la isla Trinidad (Puerto Mikkelsen).

Sobresaliendo de la masa de hielo de los glaciares se observan “nunataks”, como el Cerro Pepino, el Cabo Charles, el Cerro Nunatak y otros.

La presencia de rodados morénicos que se hallan en las partes más altas del Cabo Primavera, Cerro Escombrera, espejos de fricción y rocas aborregadas⁴, corresponde a la acción de los grandes glaciares



Fig. 4. — Témpano tabular observado en la Caleta Brialmont

pleistocenos, que abarcan superficies más extensas que los glaciares actuales, por ejemplo el glaciar que, bajando de la meseta interior de la Costa de Danco, ocupaba la Caleta Brialmont llegando hasta las islas Pingüino y Leopardo.

En la actualidad, y como vestigio de la presencia de estos glaciares, que bajando de la meseta de la Costa de Danco ocupaban la Caleta Brialmont, se encuentran solamente rocas aborregadas y las morenas laterales.

Algunos de los factores erosivos que juntamente con las glaciaciones actuales y pleistocenas contribuyeron a dar el aspecto morfológico que presenta Cabo Primavera, han sido el batir del mar y, en menor grado, las variaciones de temperatura que han soportado las rocas.

⁴ Rocas aborregadas: roches moutonnées.

La acción erosiva del batir del mar ha contribuido a dar a la costa el relieve agrupto casi inaccesible que caracteriza esta zona, salvo el caso de dos pequeñas playas, una cuyo origen se debe a la desaparición de la lengua de glaciador que allí había y la otra por encontrarse resguardada de los temporales.

La diferencia de temperatura noche-día ha facilitado la desagregación de los bloques de roca mediante el fenómeno de la congelación brusca del agua en las diaclasas y fracturas, que ellos presentan.



Fig. 5. — Glacial Grande. Caleta Brialmont y Cerro Lumite

GEOLOGIA REGIONAL

Para el conocimiento de la geología regional de Cabo Primavera, es necesario efectuar una breve reseña de las rocas que se hallan aflorando. La clasificación de las rocas encontradas se ha efectuado en base a su genética:

ROCAS IGNEAS..... (constituyendo el 80 %)	}	FILONIANAS	{ Aplitas
		o	
		HYPOABISALES	{ Lamprófiro
		o	
		EFUSIVAS	{ Andesitas
		o	{ Pórfidos
	{ Porfiritas		
	o		
		INTRUSIVAS	{ Granodioritas
	o		{ Granitos
		PLUTONICAS	{ Dioritas cuarcíferas

ROCAS SEDIMENTARIAS... (constituyendo el 5 %)	{	Areniscas bandeadas Areniscas cuarcíticas Morenas y rodados glaciares
ROCAS METAMORFICAS... (constituyendo el 15 %)	{	Gneis Esquistos Cuarцитas Filitas Anfibolitas

El batolito aflorante en Cabo Primavera, islas Coy, César, Ricardo, Pingüino, Leopardo, islote "4", etc., se halla constituido por rocas ígneas, que forman un 80 % de la totalidad de los afloramientos de la zona.

La distribución areal no alcanza al 30 % de lo que presumiblemente se encuentre constituyendo el zócalo sobre el cual descansa la masa de hielo que recubre Cabo Primavera. Para la verificación del batolito cubierto por la superficie englazada, sería necesario efectuar un relevamiento geofísico mediante sísmica de refracción, reflexión y magnetometría que nos revelaría la incógnita.

Las rocas de tipo mesosilícico y ácido, como por ejemplo: las granodioritas, los granitos y las dioritas cuarcíferas, constituyen un 60 % del grupo de las ígneas, quedando un 35 % formado por efusivas o volcánicas, tipo andesitas, pórfidos y porfiritas; el 5 % restante por rocas filonianas como aplitas y lamprófiros.

Las rocas sedimentarias se pueden hallar todavía parcialmente incluidas y casi digeridas por el magma granodiorítico que constituye el batolito de Cabo Primavera e islas adyacentes; siendo de areniscas bandeadas de grano fino y areniscas cuarcíticas que siguen conservando las características de estructura y textura de las rocas sedimentarias. Este grupo forma un 5 % de las rocas existentes.

Las rocas metamórficas integradas por esquistos, anfibolitas, gneiss y cuarcitas, constituyen el 15 % de las de Cabo Primavera.

En este último tipo de roca se encuentran las filitas, representadas solamente bajo la forma de rodados, no pudiéndose hallar el afloramiento "in situ" debido a la gran cantidad de los mismos existente.

En el perfil geo-cronológico siguiente se dan la posición, la edad geológica de las rocas aflorantes en la zona reconocida, y los acontecimientos diastróficos principales (tabla I).

La distribución de las rocas, de acuerdo con su edad relativa, se ha efectuado en base a la correlación petrográfico-geológica con los Andes Patagónicos; y por lo tanto, este perfil está sujeto a las modificaciones que originen nuevos hallazgos, descubrimientos y correlaciones con zonas próximas a ser estudiadas.

TABLA I
Perfil Geo-Cronológico de Cabo Primavera

Éras	Períodos	Acontecimientos Diastróficos	Rocas	Patagonia andina	Observaciones
CUATERNARIA	RECIENTE PLEISTOCENO	Glaciares actuales. Grandes glaciares pleistocenos.	Morenas Rodados Rocas aborregadas.		Levantamiento progresivo de diferentes niveles de tierra en las Shetlands.
TERCIARIA	PLIOCENO MIOCENO OLIGOCENO EOCENO	Plegamiento Andino	Andesitas Lamprófiros	Andesitas Lamprófiros Basaltos	Reactivación de las fracturas paleozoicas y levantamiento de los Antartandes.
MESOZOICA	CRETACICO JURASICO TRIASICO	Plegamiento Intereretácico	Intrusiones granodioríticas y graníticas. Serie porfírica y pórfidos.	Intrusiones granodioríticas, graníticas y dioríticas. Serie porfírica del Jurásico.	Reactivación de fracturas.
PALEOZOICA	PERMICO CARBONIFERO DEVONICO SILURICO ORDOVICICO CAMBRICO	Plegamiento Taconico-Caledónico.	Complejos esquistosos. Anfibolitas, cuarcitas, filitas y gneiss. Areniscas bandeadas. Areniscas cuarcíferas		Fracturas

TECTONICA

La zona de Cabo Primavera ha sido objeto de la acción de movimientos tectónicos que contribuyeron a la configuración y aspecto que presenta en la actualidad.

Probablemente durante el Silúrico, se produjo el plegamiento Taconico-Caledónico que afectó a los complejos esquistosos, anfibolitas,

gneis, filitas, cuarcitas, etc., que allí se encuentran. La ausencia de fósiles en los afloramientos existentes impide asegurar esta suposición.

A fines del Cretácico y durante el Terciario se produjeron grandes plegamientos que dieron origen al sistema de los Antartandes en la Antártida y a los Andes en Sud América. La presencia de intrusiones granodioríticas, graníticas y dioríticas dan a esta zona una semejanza con la Patagonia Andina.

Durante este período se reactivaron las grandes fracturas producidas durante el Paleozoico, pues en Cabo Primavera se ha podido observar una falla inversa que desde el fondo de la Caleta Brialmont, recorriendo la costa del cabo, llega hasta frente al mismo. En el grupo de las Islas Shetland del Sud se pueden observar diferentes niveles de terraza, correspondientes a los levantamientos producidos durante el Terciario y parte del Cuaternario.

CONCLUSIONES

De las observaciones efectuadas en Cabo Primavera, durante la Campaña Antártica 1955-56, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La existencia de intrusiones granodioríticas y dioritas de edad posiblemente mesozoica, sirve de base para establecer una comparación con las intrusiones existentes en los Andes Patagónicos.
2. Las rocas efusivas terciarias y mesozoicas, las primeras tipo andesita, lamprófiro, y las segundas tipo pórfidos, pórfidos cuarcíferos y porfiritas, se pueden correlacionar con la serie andesita del Terciario de la Patagonia Andina y con la serie porfírica de la Patagonia Andina y Extraandina.
3. La existencia de evidente similitud petrográfica en la constitución de los afloramientos de Cabo Primavera y los Andes Patagónicos, indica la continuidad geo-cronológica y petrográfica entre la zona Extraandina y Andina Patagónica y los Antartandes.
4. La falta de fósiles, no permite indicar con certeza la edad asignada a las formaciones halladas en Cabo Primavera y por consiguiente el perfil geo-cronológico es susceptible de modificaciones debidas a futuros hallazgos.

SUMMARY.—A brief description of the main morphologic characteristics and a general classification of the glaciers at Spring Cape, are given.

The principal geological features, depending on alterations to be introduced as a result of future studies and correlations, are explained in a geocronological profile.

It is believed that the likeness in the petrographic constitution of Spring Cape and the Patagonian Andes indicates the continuation of the latter in the Antartandes.

SOBRE UN SULFATO DE ALUMINIO DE CALINGASTA

Por JORGE FELIX VILLAR FABRE

RESUMEN

Se describe un sulfato de aluminio de la localidad de Calingasta, no identificable con las especies conocidas debido a sus diferencias físicas y químicas.

Introducción. — En oportunidad de cumplir el trabajo de rutina del Departamento de Petrología de la Dirección Nacional de Minería¹, el geólogo Federico R. Roellig efectuó la clasificación de un sulfato proveniente de Calingasta (provincia de San Juan), que en un principio se consideró como paraluminita. Al efectuar la búsqueda bibliográfica de los datos roentgenográficos, éstos no pudieron ser hallados, por lo cual se creyó conveniente obtener un diagrama de polvo y hacer conocer los resultados obtenidos, a pesar que no fué posible conocer con exactitud el lugar del yacimiento.

Morfología. — La muestra está constituída por un agregado cristalino fino (fig. 1), de color blanco, cuyos individuos miden de 3 a 132 micrones de longitud por 1 a 24 micrones de ancho como valores extremos, pero los que predominan son de 12 por 70 micrones.

Este mineral ha cristalizado, originando un prisma rómbico de primer aclase (0kl) y uno de tercera clase (hk0), este último puede reconocerse en el cristal reproducido en la figura 2.

Propiedades ópticas. — Las observaciones efectuadas al microscopio han permitido comprobar los siguientes caracteres:

¹ El autor agradece al señor Subsecretario de Industria la autorización para publicar el presente trabajo.

Sistema rómbico.

Elongación negativa.

$N_x = 1,4629$

$N_y = 1,4670$

$N_z = 1,4681$

Birrefringencia = 0,007

No pleocroico.

Incoloro.

2V — (—) $54^\circ + - 2^\circ$ med; $54^\circ 40'$ calc.

Diagrama de polvo. — El diagrama de la figura 3 fué obtenido en una cámara Rich. Seifert de $D = 57,3$ mm, ánodo de Cu, filtro de Ni, 39 Kv y 29 Ma. y una exposición de 45 minutos. Los valores anotados en la tabla siguiente fueron calculados mediante el uso de: Data for K-Ray Analysis de Parrish e Irwin, y la intensidad señalada es una apreciación subjetiva en base a una escala del 1 al 10.

En la tabla siguiente, además de los espaciados correspondientes al mineral en estudio, se han anotado los de una aluminita ¹.

Aluminita			
d	I	d	I
9,02	10	9,0	s
7,97	10	7,8	s
6,42	6	6,33	ms
5,54	6	5,40	m
4,77	10	5,20	vw
4,245	4	4,96	m
3,74	9	4,70	ms
3,31	4	4,18	mb
3,22	2	3,72	s
3,07	4	3,54	vw
2,875	2	3,41	m
2,739	5	3,31	w
2,514	1	3,16	w
2,398	1	3,06	mw
2,226	2	3,01	mw
2,09	1	2,86	w
1,997	2	2,68	mw
1,91	1	2,60	vw
1,859	1	2,49	vw
1,74	2	2,38	vw
1,704	1	2,32	vw
1,621	1	2,19	mw
1,5465	1	2,13	vw

¹ HOLLINWORTH, S. E. Y BANNISTER, F. A., *Mineral Mag.*; XXIX (1950). 208, p. 8.

Aluminita			
d	I	d	I
1,4925	1	2,08	vw
1,37	1	2,048	vw
1,3375	1	1,96	mw
1,3085	1	1,908	vw
		1,879	vw
		1,84	vw
		1,81	vw

Análisis químico. — El análisis químico, efectuado en los Laboratorios Químicos de la Dirección Nacional de Minería por la doctora N. Kotelnikov, dió el siguiente resultado:

Pérdida por calcinación	46,41 %
Sílice (Si O ₂)	0,40 „
Hierro, en Fe ₂ O ₃	0,98 „
Aluminio, en Al ₂ O ₃	30,27 „
Calcio, en CaO	0,34 „
Magnesio, en MgO	0,20 „
Sulfato, en SO ₃	22,19 „

Discusión. — No es posible identificar este mineral como una aluminita debido al signo óptico y a la diferencia de sus espaciados, como puede verse en la tabla anterior. Además no pudo clasificarse como paraluminita, como se creyó en un principio, debido a que este último mineral tiene mayor proporción de alúmina y de agua. Por lo expuesto se supone que el mineral en cuestión debe tratarse de un sulfato no conocido hasta la fecha, que puede corresponder a una nueva especie o a una variedad de aluminita.

Agosto de 1955.



Fig. 1. — Mineral montado en nitrobenzeno. Puede observarse el tamaño variable de los cristales, como así también su hábito prismático. Nícoles sin cruzar, X 340.

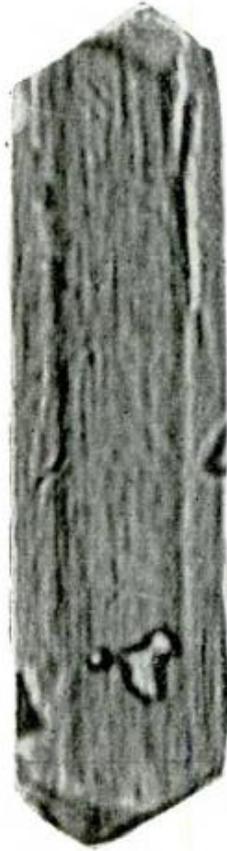


Fig. 2. — Este cristal, aislado y aumentado 866 veces permite distinguir en uno de sus extremos, dos caras de la forma $\{0k1\}$. Las caras de la forma $\{hk0\}$ no son diferenciables en esta fotografía. Nícoles sin cruzar.



Fig. 3. — Diagrama de polvo obtenido en una cámara de 57,3 mm de diámetro con ánodo de Cu

CARACTERISTICAS DE LA NAPA FREATICA

EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

POR CESAR REINALDO VILELA

RESUMEN

Las aguas contenidas en la napa freática constituyen en la actualidad la única fuente de agua subterránea que se posee en el NW de la provincia de Buenos Aires. Esta se aloja en un banco arenoso de origen eólico, superpuesto a la capa de "tosca" superior, y está compuesta por aguas de calidades distintas, que presentan una estratificación según la calidad y cantidad de sales disueltas. Las aguas dulces afluyen a los pozos constantemente, si el ritmo de extracción es lento. Si en cambio, se procede a un bombeo constante e intensivo, las aguas salinizadas de posición inferior ascienden y son extraídas en lugar de aquellas aptas.

I. INTRODUCCION

La mayor parte del territorio argentino padece del problema de aguas, tanto para el consumo humano o de la hacienda, como para riego. Hay lugares en que la situación es particularmente crítica ya sea por la presencia casi exclusiva de aguas malas, o por la ausencia absoluta de ese líquido, de buena o mala calidad.

La provincia de Buenos Aires, sin llegar a esos extremos, debe resolver también este problema que limita, en parte, sus grandes posibilidades en cuanto al desarrollo de la ganadería. Zonas aptas para la cría de ganado vacuno de raza se ven seriamente perjudicadas por los recursos de aguas, pues tanto las condiciones climáticas como los pastos, son adecuados para esa industria. Las aguas de buena calidad son siempre escasas, especialmente en ciertas épocas del año. La necesidad imperiosa de recurrir a aguas amargas o saladas ha sido en muchos casos funesta, pues ha llegado a provocar la muerte de numerosos vacunos que se alimentaron con ella.

En el noroeste de esta provincia se perforó una gran cantidad de pozos, algunos de los cuales pasaron los cuatrocientos metros, con el propósito de alumbrar napas de aguas confinadas, que garantizarían un caudal estable. Las intentonas fracasaron hallándose solamente aguas altamente salinizadas. Con estos resultados se eliminó la posibilidad de las profundidades intermedias quedando a considerar los pozos de gran profundidad (más de 300 m) y la explotación de los caudales exigüos que puede rendir la napa freática. La primera posibilidad está restringida no sólo por el costo que la perforación de pozos implicaría y por el carácter exploratorio de los mismos con el riesgo consiguiente, sino también por la gran escasez de equipos adecuados capaces de alcanzar esa profundidad.

De tal manera únicamente queda al alcance de los habitantes de esa región bonaerense la extracción del agua de la napa freática.

II. EL PERFIL GENERAL DE LAS CAPAS SUPERIORES

La composición de las capas geológicas superficiales del NW bonaerense, tiene indudablemente suma importancia en lo que respecta a las características químicas de las aguas freáticas.

De las perforaciones efectuadas en la región comprendida entre las localidades de Carlos Tejedor, Timote y Roberts, se puede extraer un perfil general que representa en esencia a la serie de estratos superiores que tienen relación con las aguas de la napa freática.

Es constante la presencia de una capa humífera de espesor que no excede de un metro; su potencia más frecuente es de alrededor de 40 m. Hacia el sur y oeste desaparece paulatinamente, cubriendo entonces la superficie una capa de arena eólica.

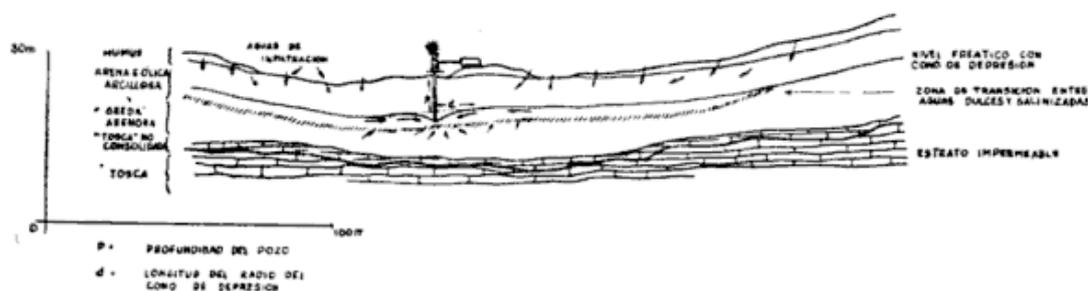
Debajo existe una capa arenosa amarillenta o rojo clara de granos medianos y finos, muy floja, cuyo espesor oscila entre 1,20 y 1,80, salvo en los médanos donde el desarrollo vertical de la misma nos dice de su origen eólico. Allí la potencia llega a 4-5 m, y excepcionalmente a más aún.

Debajo se sitúa otra capa en la cual el componente arcilloso es mayor y aparece mezclado con arena de características granulométricas similares a la de la capa superior.

En las perforaciones realizadas, sobre todo en aquellas de sistema a percusión, la arena y la arcilla se separan por lavado y diferenciación gravitativa, reuniéndose el material arcilloso en trozos que a veces son considerados como representantes de alguna capa geológica. Es natural que si existiera una capa de arcilla plástica como

la que se quiere ver a través de esas muestras, la napa freática se vería influenciada en buena medida por su presencia, estando situado sobre la misma y no debajo. El espesor de esta capa, que los pobladores denominan “greda arenosa” oscila entre 1,80 m y 2,30 m.

La capa arenosa descrita, que es el recipiente de la napa freática, está situada directamente sobre la “tosca”. Esta se presenta ya como una capa simple de tosca dura, cuyo espesor varía entre 0,80 m y 3 m, o con un estrato superpuesto de tosca con bastante menor consolidación, pero con similar contenido arenoso. La capa consistente puede alcanzar 1,60 m de espesor, y la parte superior, más blanda, 1 m, aproximadamente.



A los efectos de esta descripción los niveles estratigráficos situados por debajo de esta capa superior calcárea no interesan directamente, pero consignaremos que los horizontes de tosca se suceden, separados a veces por areniscas arcillosas con nódulos de ese material, apareciendo hasta 3 ó 4 bancos duros. En Carlos Tejedor, Timote y Pehuajó, la capa más profunda de tosca está entre 63 y 68 metros.

Atendiendo a sus condiciones genéticas, estos bancos representan a otros tantos suelos fósiles, pues su orígenes están vinculados a procesos de lixiviación incompleta. El carbonato de calcio se acumula en un horizonte determinado, que adquiere desarrollo especial en los climas secos, áridos o desérticos donde, si bien la lluvia puede ser abundante, no lo es tanto como para que las aguas que se infiltran arrastren los carbonatos de calcio y magnesio más allá del nivel superior del subsuelo.

La evaporación provoca un enriquecimiento en sales solubles en los niveles más altos del suelo que está bajo aquel proceso; entre ellas predominan SO_4Na , $ClNa$ y CO_3Na_2 . Estas alcanzan la superficie del suelo y quedan expuestas a la remoción por acción del viento, o a su disolución y traslado por parte de aguas circulantes, y ulterior acumulación en los “bajos”. El viento las conduce a sus “frentes de choque”, donde pueden acumularse en cantidades notables.

Arigós (1, 34) atribuye a este proceso de transporte de las sales por

el viento, la causa de los médanos con aguas salinizadas en exceso.

En climas como el del oeste de la provincia de Buenos Aires, de características continentales, con lluvias periódicas abundantes alternando con períodos secos, aquel proceso de evaporación está ligado estrechamente a la formación, en determinado nivel del suelo, de costras calcáreas o “toscas” en forma de capas en las que predomina netamente el CO_3Ca . Encima hay acumulaciones de SO_4Ca . Estas acumulaciones representan el conjunto de sales menos solubles que el agua freática, en período de ascenso vinculado a la evaporación, no alcanzó a llevar hacia los niveles más altos.

Brown (2, 10 y sig.) ha estudiado detenidamente estos procesos en el NE de Texas. En su trabajo pueden hallarse referencias que amplían estos conceptos.

III. LA NAPA FREÁTICA

Los habitantes de esta región de la provincia de Buenos Aires han observado que el agua que extraen por medio de molinos es, a menudo, de buena calidad. Han visto también que otras veces, desde el comienzo del drenaje de la acuífera, se extraen aguas amargas o saladas. También la experiencia les indica que una explotación activa de las aguas aptas conduce a un parente agotamiento de éstas, y comienza la afluencia de otras de mala calidad. En cambio, si la extracción de agua buena se hace a un ritmo lento (para uso doméstico, por ejemplo, utilizando bombas de mano), sus napas son útiles durante prolongados lapsos, que pueden llegar a muchos años.

Como es natural, a menudo la hacienda necesita agua en una cantidad tal que el ritmo lento de extracción no provee el líquido en la medida suficiente; se utilizan entonces molinos de viento, que extraen caudales mayores. Después de un lapso variable, las aguas malas no tardan en hacerse presentes en esos puntos de explotación, dejando entonces de aparecer las aptas para el ganado. Para obviar este inconveniente, se procede a cavar otro pozo para ese molino, distante a 10-15 m del pozo primitivo. Este rinde aguas aptas según la capacidad de la napa y según la velocidad de extracción, la cual siempre es suficiente como para provocar la afluencia de las aguas muy salinizadas. Entonces se renueva el proceso, cavando un tercer pozo, y así sucesivamente hasta constituir un sistema radial que tiene por centro el punto de implantación primitiva del molino.

El comportamiento de la napa freática está relacionado con su dis-

posición en profundidad y con la alteración de su equilibrio que produce la succión de las bombas que drenan la acuífera.

Las observaciones de numerosos pozos, las prospecciones geoeléctricas y aún algunas observaciones geológicas de superficie, demuestran que existe una disposición constante de las aguas según su salinización; en la masa porosa de las areniscas superpuestas a la capa de "tosca" las aguas saladas y selenitosas o "amargas" se encuentran ocupando posiciones inferiores. Aún entre estos dos tipos de agua existe una diferenciación, pues las observaciones hechas en pozos y aljibes permitieron establecer que las aguas saladas ocupan el nivel más bajo siendo cubiertas por las "amargas". Lógicamente hay una zona de transición de una a otra, que se la encuentra mejor definida cuanto menor es la oscilación que sufre la napa freática, y cuando ésta se halla alimentada casi exclusivamente por la infiltración cercana de las aguas de saturación; por lo tanto, circulan cubriendo un corto recorrido.

Encima se disponen las aguas dulces "nadando", según el término lugareño, sobre las que están excesivamente mineralizadas. Forman lentes de dimensiones variadas e intervienen activamente en los procesos relacionados con la oscilación freática, como se verá más adelante.

El microrrelieve, o relieve local es un factor de importancia que regula en cierto modo las dimensiones de estos lentes. En efecto, a pesar de la gran porosidad del suelo, obstruida en parte por la cubierta húmica, cierto porcentaje de aguas pluviales origina corrientes que alcanzan a escurrirse por un trecho, llegando a los niveles topográficos más bajos. Si el fondo de esa pequeñísima cuenca centrípeta está cubierto por material pelítico o arcilloso, las aguas verán impedida o dificultada su infiltración y formarán una laguna temporaria, que en el árido clima imperante se verá sometida a evaporación más o menos intensa. Este proceso puede llegar a eliminar totalmente el agua, pero quedará como remanente una costra salina, compuesta por las sales que el agua que corrió por la superficie alcanzó a disolver y transportar. Si ha ocurrido este proceso naturalmente el aporte a la freática es menor.

Si en cambio la cuenca que recibe esas aguas no tiene la cubierta pelítica, la infiltración se produce sin dificultades, creándose en esa área grandes lentes que aportan caudal considerable. Los habitantes han observado este hecho y han aprovechado su observación provocando la circulación superficial de las aguas de lluvia hacia esos reservorios, que luego explotan convenientemente.

Hemos expresado que el clima de la región es de carácter conti-

mental, alternándose las estaciones lluviosas con otras secas. Durante las primeras, las lluvias van a incrementar el caudal de la napa freática. Luego en la estación seca comienzan los procesos de evaporación que afectan primero a los niveles superiores del suelo y luego a otros más profundos.

Durante la estación lluviosa hay una infiltración fácil e intensa, mientras que en los períodos secos el desequilibrio se produce en favor de la evaporación que es más activa y rápida que el ascenso de aguas por capilaridad. Así se explica que la sequedad del suelo vaya ganando profundidad con el avance de la estación sec. De todos modos la freática se ve obligada a efectuar un movimiento de ascenso provocado por la capilaridad. Puede ocurrir que, en ausencia de lentes de agua dulce, asciendan aguas muy mineralizadas; éstas al evaporarse dejarán en ese lugar un residuo salino considerable. Si en cambio las aguas ascendentes son dulces ese residuo será mínimo. Al infiltrarse las aguas del siguiente período lluvioso “lavarán” en parte las sales así depositadas incorporándolas nuevamente a la freática.

IV. MOVIMIENTO DEL AGUA FREÁTICA ANTE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN

Las condiciones naturales en que se presentan estos reservorios de agua son perturbadas con las perforaciones o pozos hechos a pala, que los alcanzan. La extracción de agua produce un conjunto de movimientos del líquido en los espacios porales intercomunicados. Se origina de tal manera la circulación del agua que trata de alcanzar el punto de extracción. El nivel freático primitivo se altera produciéndose el descenso del mismo en torno al pozo, y originándose así el llamado “cono de depresión”. En la zona que nos ocupa la experiencia ha demostrado que la extracción por medio de molinos produce un cono cuyo radio es de alrededor de 10 metros (véase fig. 1), es decir que $d = 10$ m.

En cambio no se han hecho pruebas destinadas a conocer el cono que se forma como consecuencia del bombeo a mano, porque nunca ha sido necesario perforar cerca de uno de esos pozos, otro que rinda agua buena, dado que como hemos consignado, el ritmo lento de extracción, según este procedimiento, facilita la afluencia de aguas aptas.

La explotación por medio de molinos, intensa y sin grandes interrupciones, provoca movimientos circulatorios del agua en los estra-

tos porosos superpuestos a la "tosca", que difieren de aquéllos que se originan como resultado de la extracción por bombas de mano.

En el primer caso, el bombeo produce un cono de depresión pronunciado. Las aguas dulces colocadas en los niveles superiores del estrato poroso, afluyen al pozo desde sus proximidades, mientras otras aguas, ya en movimiento, van a ocupar los espacios porales ahora libres. Como la succión de bombeo es regular y de cierta intensidad, las aguas aptas superiores que se desplazan lentamente no llegan a ocupar el lugar dejado por las que fueron extraídas. Su movimiento horizontal debe cubrir mayor trecho que el que cubren las aguas mineralizadas de posición inferior, las cuales se desplazan hasta llegar al radio de acción del pozo en explotación (véase fig. 1). Entonces el pozo producirá aguas inaptas; podría pensarse que manteniéndolo en un período de inactividad, el restablecimiento del nivel freático primitivo provocaría la nueva afluencia de aguas dulces. Pero no sucede tal cosa. Una vez originado ese cono invertido (con su vértice hacia arriba), por donde affuye el agua inapta al pozo, no vuelve a producirse más la entrada de agua dulce. Los pobladores generalmente no prosiguen la extracción, sino que cambian la ubicación del pozo, más allá de la zona afectada por la invasión de agua salinizada. En algunas ocasiones en que se ha continuado con la explotación de la napa, la calidad del agua ha variado, aumentando considerablemente su salinización. Además, la experiencia ha demostrado que la invasión de las aguas malas se produce de tal manera que desplaza casi totalmente a la de buena calidad, superpuesta, alcanzando un nivel representado por el plano horizontal que contiene al punto más elevado del cono invertido a que hemos aludido. Esta disposición elimina la posibilidad inmediata de extraer aguas buenas del mismo lente que se tenía en explotación. Si bien no puede conocerse con certeza el hecho, es posible que se produzca una mezcla de las aguas de distintas calidades y como consecuencia de la mayor cantidad de aguas malas, toda la napa freática de ese lugar quede inutilizada para el consumo.

La explotación por medio de bombas de mano produce un movimiento distinto al descrito, pues el proceso de extracción es lento, de manera que el cono de depresión a menudo no alcanza a conformarse totalmente como tal. La circulación de las aguas superiores, que se hace en sentido más o menos horizontal, para reemplazar los espacios dejados por aquellas extraídas se produce a un ritmo que es suficiente para reemplazar al caudal succionado por el bombeo. Además, como este procedimiento drena la capa con intermitencias, hay una tendencia física natural a establecerse el nivel freático pri-

mitivo. Ello significa que se reproducen las condiciones de equilibrio similares a las que tenía la napa antes de ser alcanzada con la perforación. En épocas lluviosas, no solamente el desplazamiento horizontal de las aguas buenas superiores entran en el círculo de influencia del pozo, sino que también hay aporte del agua meteórica que va a enriquecer el caudal de la capa freática. Pozos que han sido sometidos a explotación moderada han rendido una producción constante de agua dulce durante muchos años.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. ARIGÓS, L. E. *Análisis químicos de aguas*.—Informe inédito. Dirección Nacional de Minería. Buenos Aires. 1956.
2. BROWN, CH. N. *The origin of caliche in the Northeastern Llano Estacado, Texas*.—The Journal of Geology. Vol. 64, n^o 1. p. 1-15. Chicago. 1956.

VETAS METALIFERAS Y FRACTURAS EN LA MINA « ANGELA »

DEPARTAMENTO GASTRE, CHUBUT

POR RAUL N. DESSANTI ¹

ABSTRACT

This paper is a geological study of an area of 100 km² approximately. Its northern border is more or less the 42° S parallel and to the west is limited by the 69° W meridian.

The interesting point in this zone is the presence of veins that carry metallic sulphurs (galene, sphalerite and chalcopyrite) with Ag and Au in quartz gangue which in the last years have been the subject of exploration works.

The results reached by the author, principally by the study of rocks exposed in natural outcrops, consist mainly in the characterization of nine different formations and the chief tectonic movements that have affected them.

The greater part of the paper is given to a demonstration of the relation between the mineral veins and preexisting fractures, and the analysis of the mechanical conditions that may have controlled the formation of the last.

INTRODUCCION

Este trabajo ha tenido por objeto el estudio geológico regional de una zona, en el departamento de Gastre (Chubut), donde se hallan situadas las minas "Angela", "Susana Beatriz" y "Clara Natividad" de minerales metalíferos: oro, plata, plomo, zinc y cobre.

Varios estudios que han estado a cargo de los geólogos y técnicos

¹ El autor de este trabajo pertenece al cuerpo de geólogos de la Dirección Nacional de Minería (ex Dirección de Minas, Geología e Hidrología de la Nación).

de las compañías mineras que operan en la zona o bien de los enviados por el Banco de Crédito Industrial y la Dirección Nacional de Minería, han adelantado últimamente el conocimiento económico-minero de estos yacimientos respecto al que de los mismos se tenía en la fecha de la aparición del importante trabajo de Angelelli (1950, p. 467). Estos últimos estudios, que permanecen totalmente inéditos, interesa señalar aquí que indican a los precitados yacimientos como de singular interés económico, aunque la exploración de éstos todavía no esté terminada.

Pero estos estudios, por su carácter, contienen muy poca información respecto a la geología de los yacimientos; cierta información sobre este particular sólo la hemos encontrado en las dos publicaciones de R. Croce (1950, *a* y *b*).

Como resultado del presente estudio, cabe señalar el haber establecido una sucesión de los eventos minero-estructurales, así como una explicación mecánica de éstos que, eventualmente, puede ser válida también para otras zonas vecinas.

Dejamos constancia de la colaboración prestada por F. R. Roellis, quien actuó como ayudante durante la campaña y posteriormente realizó el estudio de las muestras de rocas y minerales (ver Descripciones Petrográficas), y a R. Stortini, que dibujó en limpio los croquis y diagramas.

Los trabajos de campaña tuvieron un mes y medio de duración, habiéndose iniciado a fines del mes de enero de 1954.

Por la falta de una adecuada base topográfica hemos debido dedicar una gran parte del escaso tiempo disponible al relevamiento de los croquis geológico-topográficos adjuntos (ver croquis n^o 1 y n^o 2). Dichos croquis han sido levantados utilizando una plancheta tipo "Gurley" apoyándose en la triangulación de la Dirección de Tierras (años 1903-1904) y en la mensura de la mina "Angela" efectuada por A. Bertagni.

El croquis n^o 1, levantado originalmente en la escala 1:50.000, cubre una superficie de alrededor de 100 kilómetros cuadrados, correspondientes al lote 1, fracción B, sección JI, de la Dirección de Tierras, donde se hallan ubicadas las tres minas antes mencionadas. Dicho croquis, si bien incompleto a causa del escaso tiempo disponible para su preparación, tiene por objeto principal el de ilustrar sobre los principales rasgos de la geología de la zona.

El croquis n^o 2, levantado en la escala 1:25.000, cubre una superficie de cerca de 8 kilómetros cuadrados y abarca la superficie de

las tres minas precitadas, mostrando principalmente el trazado de las principales vetas y diques, así como sus mutuas relaciones.

La posición geográfica de la zona estudiada no puede fijarse con exactitud, a causa de la incertidumbre sobre el trazado del paralelo 42° , que para unos coincidiría aproximadamente con el del límite norte del citado lote, mientras que para otros correría a 1.723 metros al sur de dicho límite. En cuanto al límite oeste de dicho lote se lo considera aproximadamente coincidente con el trazado del meridiano 69° , existiendo una diferencia angular de 23 minutos 20 segundos del límite hacia el este del meridiano y a contar desde el esquinero sudoeste del mismo.

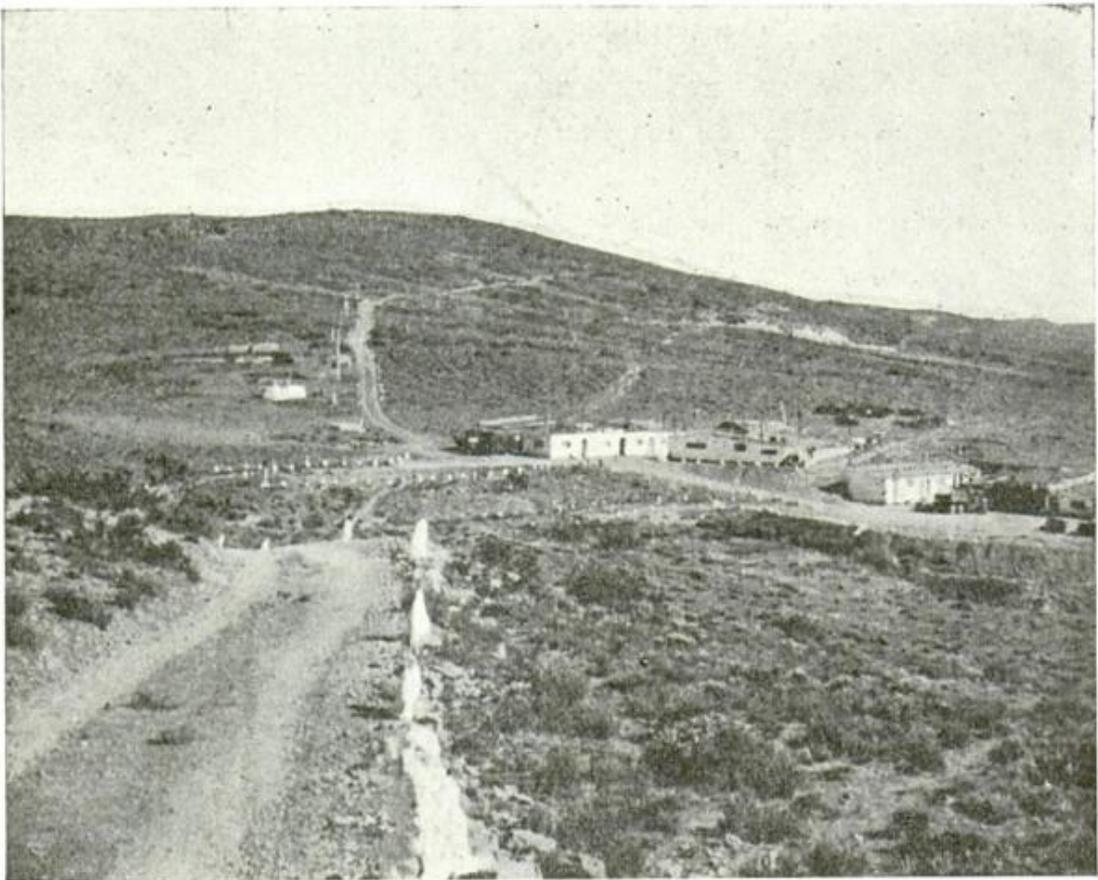


Fig. 1. — Campamento Mina « Angela »

RASGOS GEOGRAFICOS

La red de drenaje tiene una disposición dendrítica rectangular gruesa.

Datos climatológicos de la región no se poseen. Informaciones recogidas en el lugar señalan que la temperatura desciende por debajo del cero grado centígrado, no sólo durante el invierno, sino también

en algunos días de cualquier otro mes del año. Durante el verano se registran temperaturas máximas por arriba de los 30 grados. Las precipitaciones se producen bajo la forma de nieve durante el invierno y generalmente como lluvias durante el verano.

La escasa población se dedica a la crianza del ganado, principalmente ovino. Además hay una pequeña población minera en la mina "Angela", donde se realizaban durante nuestra estadía trabajos de exploración.

La mina "Angela" está unida por caminos naturales, en parte mejorados, con las poblaciones de Maquinchao, estación sobre el Ferrocarril General Roca, distante 125 kilómetros, trayecto que puede ser recorrido en unas 4 ó 5 horas con autovehículo. Otros caminos conducen a Ingeniero Jacobacci, Gastre y Sacanana, pero son casi intransitables.

Falta leña en la región, la que debe ser transportada desde lugares más o menos distantes.

GEOLOGIA

Al estado actual de nuestros conocimientos, la geología regional es resumida en el cuadro de la página siguiente.

Formación de las Minas. — Esta formación se encuentra distribuída por toda la región estudiada (ver bosquejo geológico). En la zona de las minas "Angela", "Susana Beatriz" y "Clara Natividad" constituye el conjunto de rocas aflorantes más antiguo.

La formación está constituída por *brechas* y tobas cristaloclásticas andesíticas (o "porfiríticas") (31) y por mantos de andesita (o porfirita) (25), (38), (46) y (71)¹. Todas estas rocas están muy alteradas. Esta alteración es todavía más intensa en los lugares donde las rocas están en contacto con las vetas hidrotermales (11) y (38) o con los diques de basalto que las atraviesan (43) y (46).

Con las rocas mencionadas se intercalan a veces conglomerados que encierran rodados de rocas graníticas o dioríticas (35), sin duda transportados por corrientes de ríos o arroyos durante la acumulación de la formación volcánica y procedentes de una región de denudación más o menos próxima donde afloraba el basamento cristalino.

¹ Las cifras entre paréntesis indican los números de las muestras.

Cuadro Geológico general

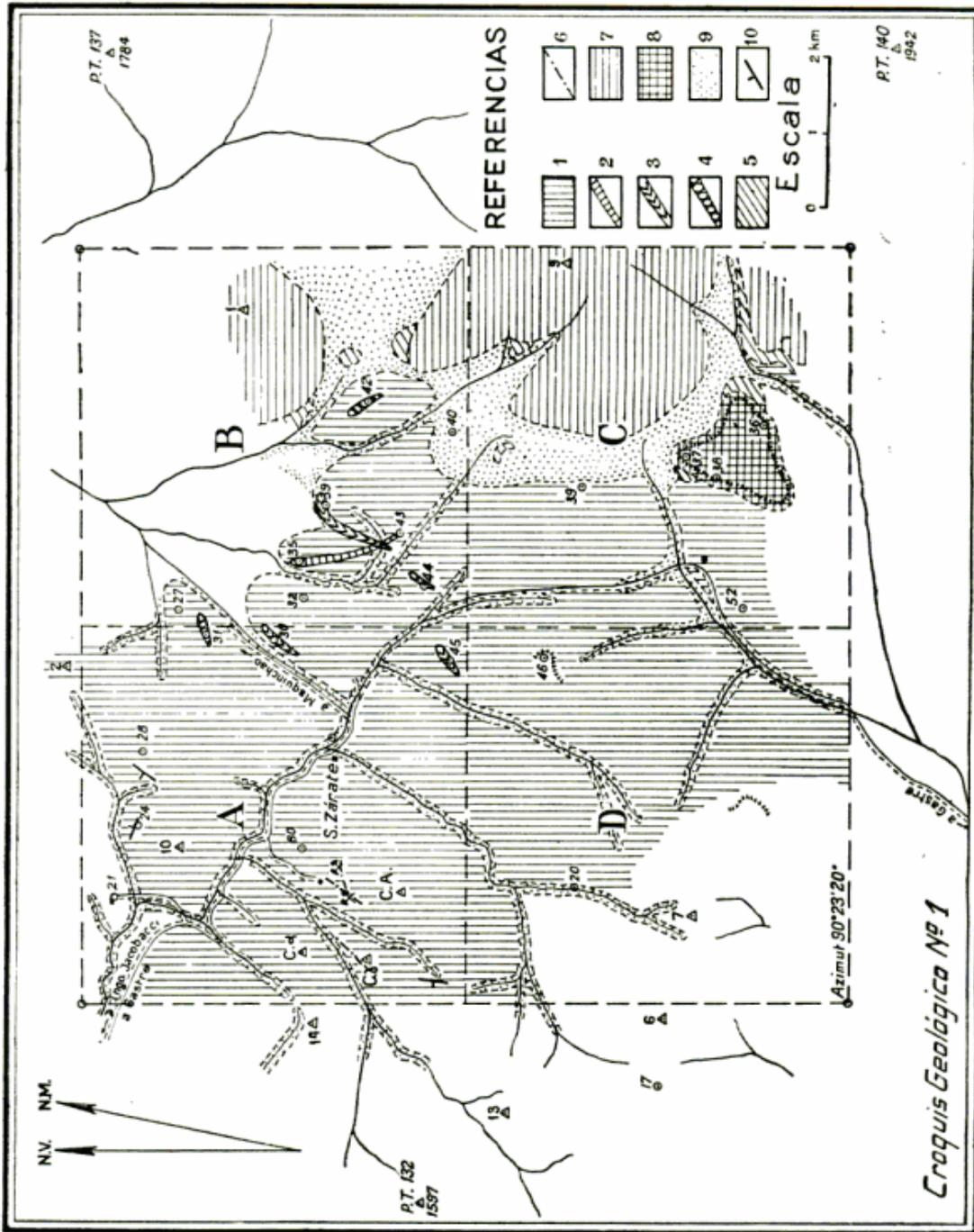
Edad	Formación	Litología y estructura	Dinámica interna y externa
Cuartario	Depósitos Modernos	Aluviones sueltos o poco consolidados	Erosión glacial y normal y acumulación
Plioceno	Basaltos Modernos	Coladas basálticas	Vulcanismo y ascenso Reactivación de fallas y erosión
Mioceno ?	Formación Pire-Mahuida	Mantos y brechas liparíticas	Vulcanismo, magmatismo y deposición metalífera mesotermal
	Depósitos Metalíferos	Vetas de sulfuros metálicos en ganga cuarcífera	
	Tobas Amarillas	Tobas cineríticas y tobas pumíceas	
Eoceno ?	Basaltos Antiguos	Diques y filones-capas basálticos	Fallamiento y erosión. Discordancia angular
	Pórfidos Granítico-Tonalíticos	Diques y filones-capas de pórfidos graníticos tonalíticos	Fallam. y vulcanismo
Jurásico f	Diques Andesíticos	Andesitas (o «porfiritas»)	
	Formación de las Minas	Mantos, tobas y brechas andesíticas («porfiríticas»)	

Estos conglomerados se presentan, por ejemplo, a pocos metros de la labor legal de la mina "Clara Natividad".

En los afloramientos situados al norte del Punto Trigonométrico 10 (estaciones 24, 178 y 181) ² se presentan brechas tobáceas con matriz de toba litoide de color amarillento y rojizo, con una estratificación torrencial y con inclusiones de rocas porfíricas y porfiríticas que alcanzan hasta varios centímetros de largo.

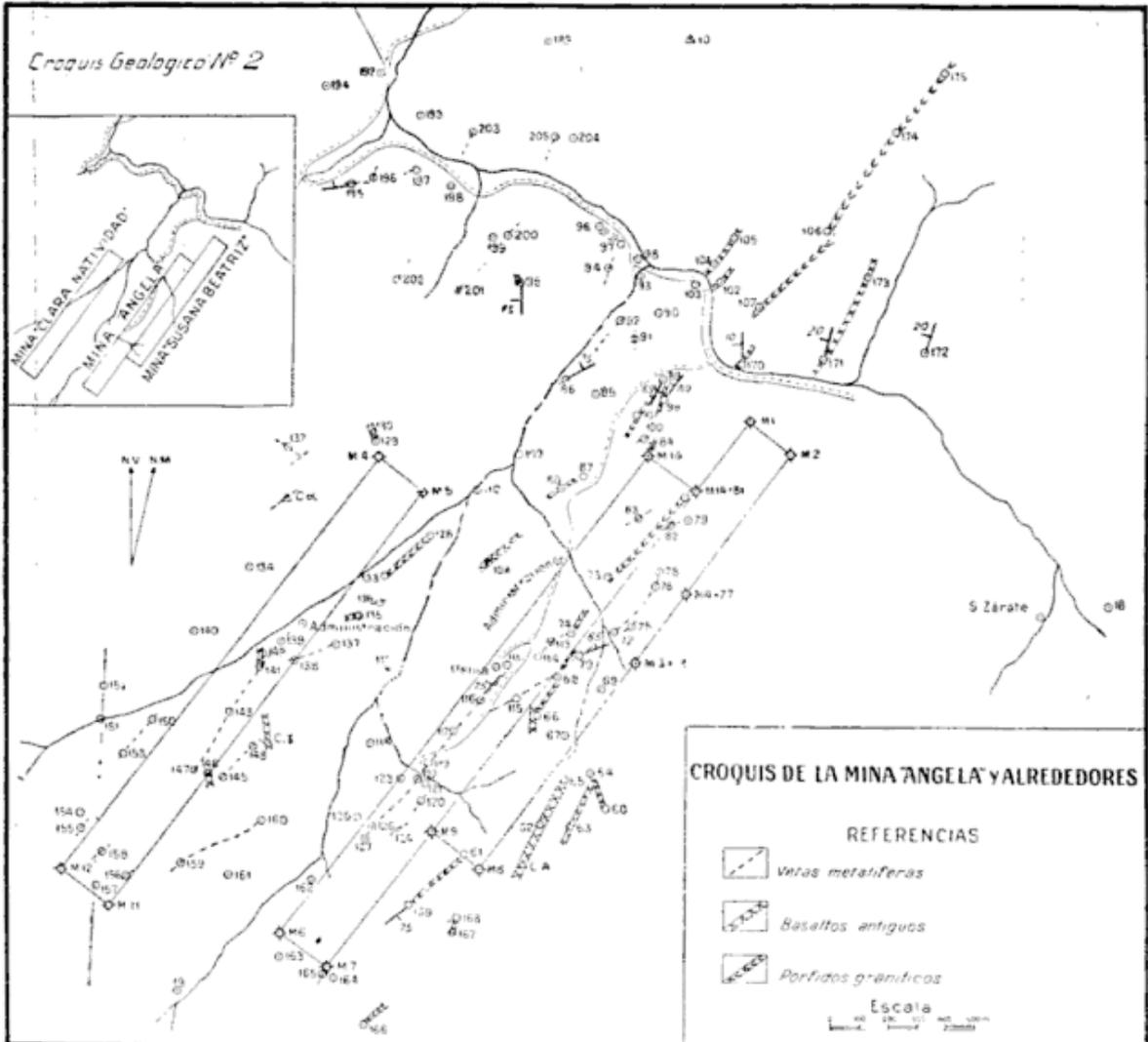
La estructura general del conjunto volcánico no indica un plegamiento apreciable de las capas. En casi todos los lugares donde pudo observarse "estratificación" y determinarse su posición resultó un buzamiento débil o moderado hacia el NW, como por ejemplo en

² La situación de las estaciones está indicada en los croquis geológicos adjuntos.



los lugares siguientes: 1) a más de 2 kilómetros al S del Cerro A, sobre las barrancas del cañadón que desemboca frente a la casa de S. Zárate: rumbo N 20° E, 30° NW; 2) en la estación 172: rumbo N 20° E, 20° NW; y 3) en la estación 44: rumbo N 30° E, 08° NW.

Desviaciones apreciables respecto a estas posiciones sólo se han comprobado en dos lugares vecinos: 1) en la estación 24: rumbo N 70° W, 50° NE; y 2) en las estaciones 178-181: rumbo N 35° E,



65° NW; la posición de estos estratos es probablemente consecuencia de fallas.

El espesor de la formación no puede ser determinado, por cuanto su base no aflora. Además, según veremos oportunamente, ella está atravesada por numerosas fallas en las cuales resulta difícil determinar los rechazos. Se estima que el espesor total de la formación puede alcanzar a varios centenares de metros.

La formación que nos ocupa es la más antigua de cuantas afloran

en la región y constituye la base que soporta o en la que se han intrusado las otras.

La ausencia de fósiles hace que resulte incierta la edad de esta serie, ya que únicamente disponemos de los caracteres litológicos, por otra parte poco significativos de las rocas volcánicas, para una correlación con otras formaciones de edad conocida. Entre las formaciones volcánicas que se presentan en lugares más o menos próximos tenemos: la "Serie porfirítica triásica"; la "serie porfirítica jurásica", estudiada por Feruglio y Piatnitzky en la región del río Chubut medio (citado por Petersen, 1946); y la "serie andesítica eógena" conocida en la región de Bariloche, donde fué estudiada por Feruglio (1941) y en la del río Foyel, estudiada por González Bonorino (1944). Aunque por mi parte me inclino a identificar a la formación de las Minas con la "serie porfirítica jurásica" la posición estratigráfica de la formación de las Minas no puede considerarse por el momento como definitivamente aclarada.

Diques andesíticos (o "porfiríticos"). — Se presentan en todas partes atravesando a la formación de las Minas. Uno de estos cuerpos intrusivos se extiende entre las estaciones 35 y 43, describiendo su rumbo una curva entre ellas; la inclinación es fuerte, próxima a la vertical. La roca tiene color grisáceo y textura porfírica (21).

Pórfidos Graníticos-Tonalíticos. — Ocurren como diques y mantos intrusados en la formación de las Minas, y se hallan muy difundidos por toda la región estudiada, habiendo sido señalados en los croquis geológicos adjuntos solamente algunos de ellos.

El espesor de los diques oscila entre 5 y 20 metros; su longitud o corrida alcanza a varios centenares de metros, ocasionalmente a más de un kilómetro.

Estos cuerpos se reconocen desde lejos por su color blanquecino amarillento o rojizo y, además, sobresalen a veces en el terreno por su mayor resistencia a la erosión.

Las rocas que constituyen todos estos cuerpos son muy semejantes entre sí; tienen una textura porfírica y ostentan siempre fenocristales de feldespato y comúnmente también de cuarzo. Se clasifican entre los pórfidos graníticos (13) o cuarcíferos (12), (14) y (50) y pórfido tonalítico (54) y (59). Las diferencias en la composición química de estas rocas se atribuyen a diferenciación del magma durante o después de su intrusión.

El rumbo de los diques es generalmente NE, con ligeras oscila-

ciones a uno u otro lado de esta dirección y la inclinación de los diques es fuerte, como lo demuestran las siguientes mediciones: 1) estación 34 rumbo N 65° E, 50° SE; 2) estación 169 rumbo N 50° E, 75° SE; y 3) estación 30 rumbo N 43° E; inclinación no determinable.

Los mantos intrusivos de estas rocas son menos frecuentes que los diques. Uno de tales cuerpos se observó en las proximidades del mojón esquinero noroeste de la mina "Clara Natividad".

La edad de las intrusiones no puede ser fijada con exactitud. Las observaciones realizadas demuestran que los diques son de menor

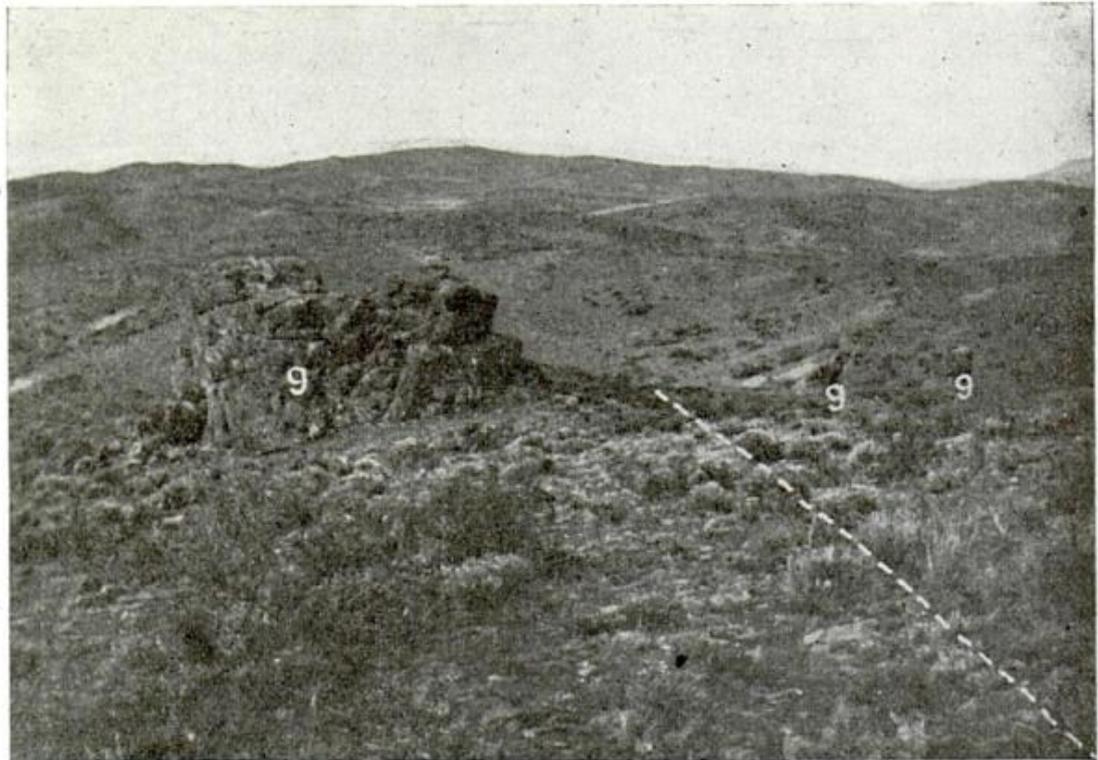


Fig. 2. — Mina «Susana Beatriz». Dique de pórfido granítico (g) cortado por falla; la línea cortada indica, aproximadamente, la intersección de ésta con la superficie del terreno

edad que las rocas andesíticas (o porfiríticas) donde están alojados, y más antiguos, en cambio, que los diques de basalto de los que nos ocuparemos seguidamente.

Basaltos (o meláfiros) antiguos. — Se hallan distribuídos prácticamente por todos los lugares donde se presenta la formación de las Minas, constituyendo diques y filones-capas intrusivos en aquélla. Esta circunstancia permite separarlos claramente de los otros basaltos más modernos que cubren las mesetas.

Las rocas que constituyen los mencionados cuerpos intrusivos han sido clasificados como basaltos, generalmente piroxénicos, a veces

también olivínicos y muy magnéticos, de color gris oscuro o verdoso, y siempre muy alterados. Véanse descripciones de las muestras (1), (9), (15), (23), (29), (30), (42), (47) y (62).

La longitud de los diques alcanza hasta varios centenares de metros, pero estos cuerpos están frecuentemente cortados por fallas. El espesor de los diques oscila entre 1 y 30 metros.

Los diques pueden agruparse en cuatro diferentes juegos, de acuerdo a sus rumbos. El primero de éstos tiene rumbo NW, y está representado, por ejemplo, por el que se presenta en la E 60. Al segundo juego pertenecen los diques de rumbo NNE, como el aflorante en el Cerro A. El tercer juego está constituido por los diques de rumbo ENE, al que pertenece el dique aflorante en la E 31. Por último, en el cuarto juego incluimos los diques de rumbo N, que afloran en varios lugares, por ejemplo en el Cerro Gamma.

Los basaltos son posteriores a los pórfidos graníticos, ya que los diques de los primeros frecuentemente cortan y desplazan lateralmente a los constituidos por los pórfidos mencionados. Por otra parte los diques basálticos no se continúan en las Tobas Volcánicas y Formación Pire Mahuida, y están cortados por la superficie de erosión antigua que se intercala en la base de dichas formaciones. Por lo tanto, la formación de los diques se produjo en el intervalo de tiempo que media entre la formación de las fallas que desplazan a los diques de pórfidos y la elaboración del plano de discordancia que corta superiormente a los diques basálticos. Además, los cuerpos basálticos son más antiguos que las vetas hidrotermales, como veremos más adelante.

Depósitos Metalíferos. — Estos depósitos han motivado hasta ahora el pedido de las minas mensuradas siguientes: “Angela”, “Susana Beatriz” y “Clara Natividad”, pero además existen otros depósitos semejantes en lugares próximos. (Ver croquis geológico).

Los depósitos se presentan en vetas simples, o bien ramificadas, ocupando una zona mineralizada de hasta varios metros de potencia. En algunos lugares las partes mineralizadas constituyen afloramientos más o menos aislados.

Por las circunstancias expuestas es difícil dar valores para la potencia de las vetas y más todavía en lo referente a su longitud ya que, donde no existen labores de exploración, resulta aventurado decidir si los distintos afloramientos alineados pertenecen a una misma veta o diferentes vetas paralelas. Por estas razones las corridas de hasta más de 800 metros que presentan algunas vetas indicadas en el cro-

quis geológico adjunto, deben ser tomadas con ciertas reservas. La potencia de las vetas es también muy variable, observándose espesores de algunos centímetros hasta más de dos metros. Las variaciones de espesor se presentan también sobre una misma veta.

Las vetas se ponen de manifiesto a veces en la superficie porque sobresalen por su relativamente mayor resistencia a la erosión, constituyendo “paredes del diablo”. Otras veces se manifiestan por la alteración que han producido sobre las rocas de campo y que se traduce en una coloración blanquecina, amarillenta o castaño rojiza de aquéllas.

En las partes superficiales de las vetas la mineralización consiste principalmente en cuarzo y minerales secundarios, sobre todo óxidos de hierro, pudiéndose observar a veces las cavidades con la forma de los cristales cúbicos de los sulfuros metálicos primarios. Sin embargo, el análisis químico de las muestras recogidas en las partes superficiales de las vetas casi siempre revela la presencia de iones metálicos tales como Pb, Ag y Au. (Ver cuadro de análisis químico).

Análisis Químicos

(Realizados por R. de Livellara y R. Marier del Laboratorio de Química de la Dirección Nacional de Minería)

Análisis	21.541	21.542	21.543	21.544
Procedencia.....	49	86	137	197 ¹
Hierro (Fe) %.....	10,26	1,29	1,17	3,11
Plomo (Pb) %.....	0,11	0,11	0,09	0,29
Cobre (Cu) %.....	no	no	no	no
Plata (Ag) g/t.....	12	28	17	16
Oro (Au).....	V	V	V	V

En las labores a pocos metros de profundidad ya se observa la presencia de los sulfuros metálicos que caracterizan a estos depósitos: galena, blenda, calcopirita y pirita. Entre los minerales secundarios se observa calcosina azul. Entre el material apilado en la boca del pique principal de la mina “Angela” se observó la presencia de pequeñas cantidades de hematita (especularita) en agregados finos de color gris acero.

Las leyes medias determinadas por los técnicos del Banco de Crédito Industrial sobre la base de 85 muestras ubicadas en el nivel 0 y el pique “San Pedro” de la mina “Angela” fueron las siguientes: Pb

¹ Los números corresponden a las estaciones consignadas en los croquis adjuntos.

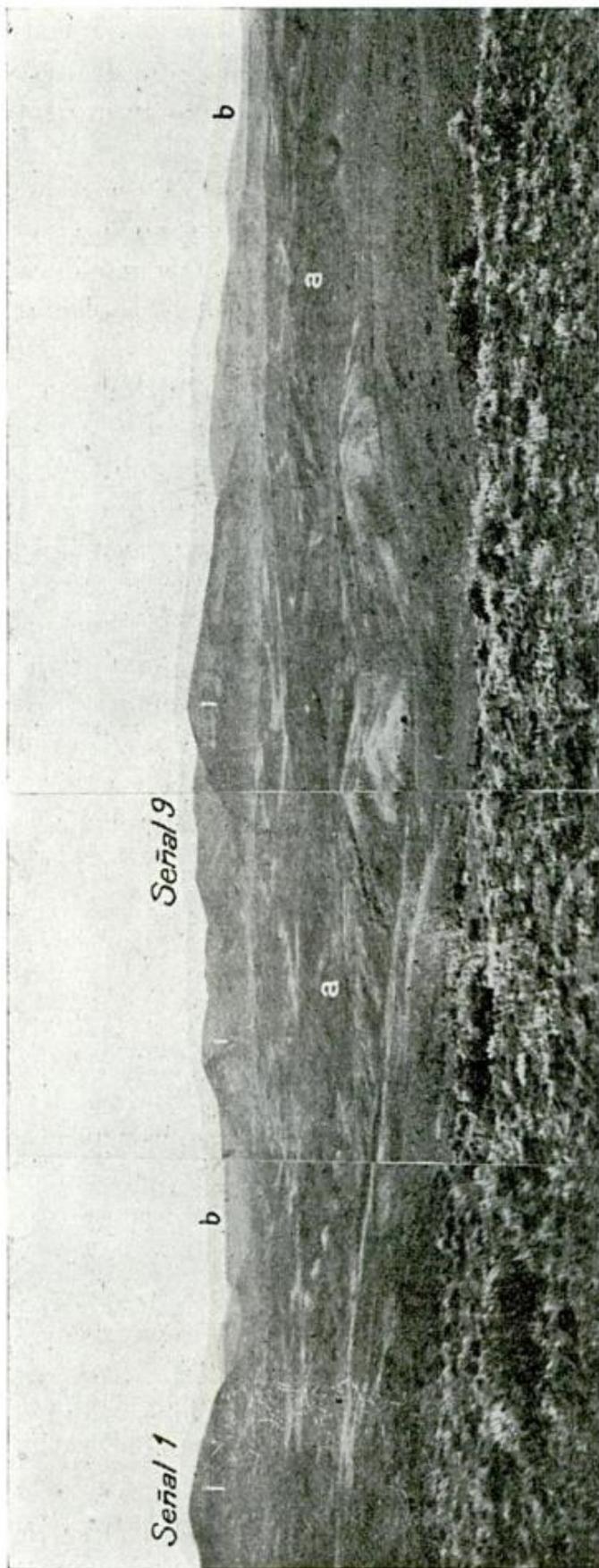


Fig. 3. — Panorama desde el Cerro A. En el plano medio en las lomadas bajas afloran (a) rocas andesíticas (Form. de las Minas) atravesadas por diques graníticos y basálticos; los cerros de mayor altura que aparecen más lejos (señales 1 y 9) han sido esculpidos por la erosión en rocas liparíticas de la Formación Piro Mahuida que descansan sobre las Tobas Amarillas, las que a su vez cubren discordantemente a la Formación de las Minas. Al fondo y al sud-este aparecen las mesetas del Basalto Moderno (b).

5,85 %, Zn 8,85 %, Cu 1,27 , Au 14,69 y Ag 338 g/t (citado por Tezón y Shtamoff, 1954).

A. Novitzky estudió dos cortes pulidos de una muestra coleccionada por mí en la cancha de la mina "Angela", cuyo informe transcribo a continuación:

"*Pirita* en cubos de hasta 6 mm o en manchas sin contornos propios: los granos están fuertemente agrietados, en muchos casos correspondiendo al clivaje dispuesto según las direcciones cúbica y octaédrica; está reemplazada en diversos grados por los demás sulfuros y cuarzo, a los que imprime su hábito y clivaje.

"*Calcopirita* generalmente sin contornos propios, pero a veces con bordes rectilíneos de la pirita sustituida; la calcopirita reemplaza a la pirita y la blenda y es reemplazada por galena y blenda.

"*Blenda* de color gris azulado bajo el microscopio característico para las blendas con un tenor intermedio de hierro. Tiene muchas pequeñas inclusiones de calcopirita en forma de puntos y a veces líneas orientadas en una o dos direcciones que se cortan entre sí según un ángulo de 90 grados; la blenda reemplaza a la pirita y calcopirita y es reemplazada por galena y calcopirita.

"*Galena* generalmente en manchas sin contornos propios, pero también en forma de cubos, pseudomorfosis según pirita, o en finas aureolas alrededor de otros sulfuros. A veces contienen restos del reemplazo de calcopirita con pequeñas manchas. Reemplaza a todos los demás sulfuros y silicatos.

"*Calcosina azul* en granos escasos distribuidos alrededor o dentro de la calcopirita.

" Orden de cristalización: pirita, cuarzo, calcopirita y blenda (estas dos últimas contemporáneas entre sí), galena y calcosina azul.

"Observaciones: La muestra pertenece a la zona primaria de un yacimiento mesotermal. La calcosina azul es supergena."

Los depósitos metalíferos son seguramente de edad menor que las andesitas, porfidos graníticos, y basaltos antiguos, ya que todas estas rocas están atravesadas y alteradas por dichos depósitos. Estas relaciones han sido observadas casi en todos los lugares donde las vetas metalíferas se hallan en contacto con las diferentes rocas mencionadas, y considero innecesario entrar en detalles. Sólo he de referirme a algunos lugares donde he observado dicha alteración sobre los basaltos antiguos. Así, por ejemplo, los precitados basaltos están alterados y en ellos están alojadas las vetas de rumbo N 60° W en la mina "Santa Elena" (cañadón de Zárate). Lo mismo se observa en una trinchera próxima a la labor principal de la mina "Clara

Natividad", donde la veta tiene rumbo N 35° E y buza 80° al SE. También las rocas basálticas están alteradas y atravesadas por unas vetas delgadas de rumbo N que afloran en las proximidades del Cerro Gamma. En cambio, las vetas metalíferas no han sido nunca observadas en contacto con las Tobas Volcánicas, ni con la Formación Pirc Mahuida. Es por lo tanto probable que los depósitos metalíferos se hayan formado durante una época de ascenso del magma contemporáneo con una de las citadas efusiones volcánicas.

El rumbo de las vetas es muy variable. No obstante, se pueden agrupar a éstas en cuatro diferentes juegos, que son los siguientes:

Juego	I.....	rumbo	N 45 E
»	II.....	»	N 90 E
»	III.....	»	N 45 W
»	IV.....	»	N 00 E

Sin embargo debemos señalar que en cada uno de los juegos se observan numerosas desviaciones de los rumbos indicados. Así por ejemplo, dentro de las vetas agrupadas en el Juego I hemos incluido a las siguientes:

Estación	70 « Pique Aguila »	veta « Susana Beatriz »	Rumbo	N 70 E	Buz.	65 NW
»	72 Labor legal	»	»	N 70 E	»	65 NW
»	141 Labor legal	» « Clara Natividad »	»	N 35 E	»	80 SE
»	126	» « Angela »	»	N 38 E	»	80 NW
»	116	»	»	N 40 E	»	75 NW
»	99	»	»	N 40 E	»	80 NW
»	111	» « Angela »	»	N 45 E	»	
»	83	»	»	N 50 E	»	60 SE
»	119	» « Angela »	»	N 55 E	»	80 NW

Queda así aclarado que los rumbos asignados a cada uno de los diferentes juegos son valores medios correspondientes a un cierto número de mediciones efectuadas, valores susceptibles de modificarse con el aumento del número de aquéllas.

Las vetas del Juego I están controladas por la presencia de fallas preexistentes. Así lo demuestra la observación del terreno. En los lugares donde las vetas cortan los diques de pórfido granítico-tonalítico se comprueba que existe un desplazamiento lateral de dichos diques que alcanza hasta 30 metros y más. El plano de la figura 4 ilustra estas relaciones (ver además fig. 2).

La figura muestra la falla pre-mineral actualmente ocupada por los depósitos metalíferos. La información presentada en ella nos indica el probable tipo directo de la falla, es decir resultante del

descenso relativo del labio superior situado al norte de la traza de la falla respecto al labio inferior ubicado al sur de dicha línea. En efecto, si la falla fuese lateral su plano sería vertical, o casi vertical, y no inclinado 65 grados como en el presente caso; una falla de tipo inverso queda excluida por cuanto la separación de la veta en el plano horizontal sería en sentido opuesto al indicado en la figura.

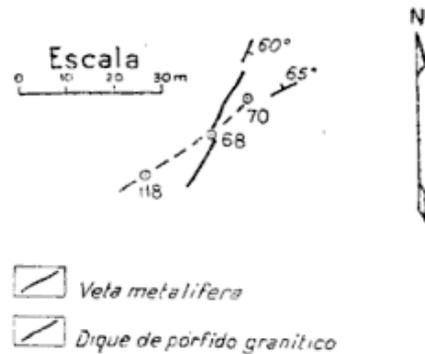


Figura 4

En algunos lugares las vetas exhiben una estructura brechosa, resultante del proceso de deposición y reemplazo en zonas de corte preexistentes (ver fig. 5).

No tenemos evidencia directa de que las vetas pertenecientes a los otros 3 juegos también estén controladas por fracturas. Pero dicha hipótesis está apoyada por el hecho de que los rumbos de los cuatro juegos de vetas precitados configuran el trazado de la red de drenaje. (Ver bosquejo geológico).

Ahora podemos preguntarnos cómo han estado distribuidas las fuerzas que han originado las estructuras mencionadas. En este problema no resulta adecuado recurrir a la suposición de que las estructuras serían el resultado de diferentes períodos diastróficos y que, en los sucesivos períodos, las fuerzas actuantes habrían tenido diferente naturaleza y dirección; porque es improbable que durante el tiempo transcurrido entre la formación de los diques de basalto, que están cruzados y afectados por las vetas metalíferas de diferentes rumbos, y la formación de estas últimas vetas haya habido más de un período diastrófico, y aún admitiendo esto resulta difícil explicar por qué no se habría conservado el paralelismo en la dirección de las fuerzas que han originado a las fallas.

Por otra parte, no resulta apropiado suponer que todas estas estructuras pudieran formarse por simple compresión o por tensión directa.

La última alternativa que nos falta considerar es la que consiste

en suponer a los cuatro juegos de fracturas ocupadas por las vetas metalíferas como originadas por una cupla de fuerzas actuantes en el plano horizontal (ver Billings, p. 103-104 y fig 88). Naturalmente, la cupla pudo tener su origen en una compresión lateral ejercida en una dirección oblicua sobre planos de fallas principales de fuerte

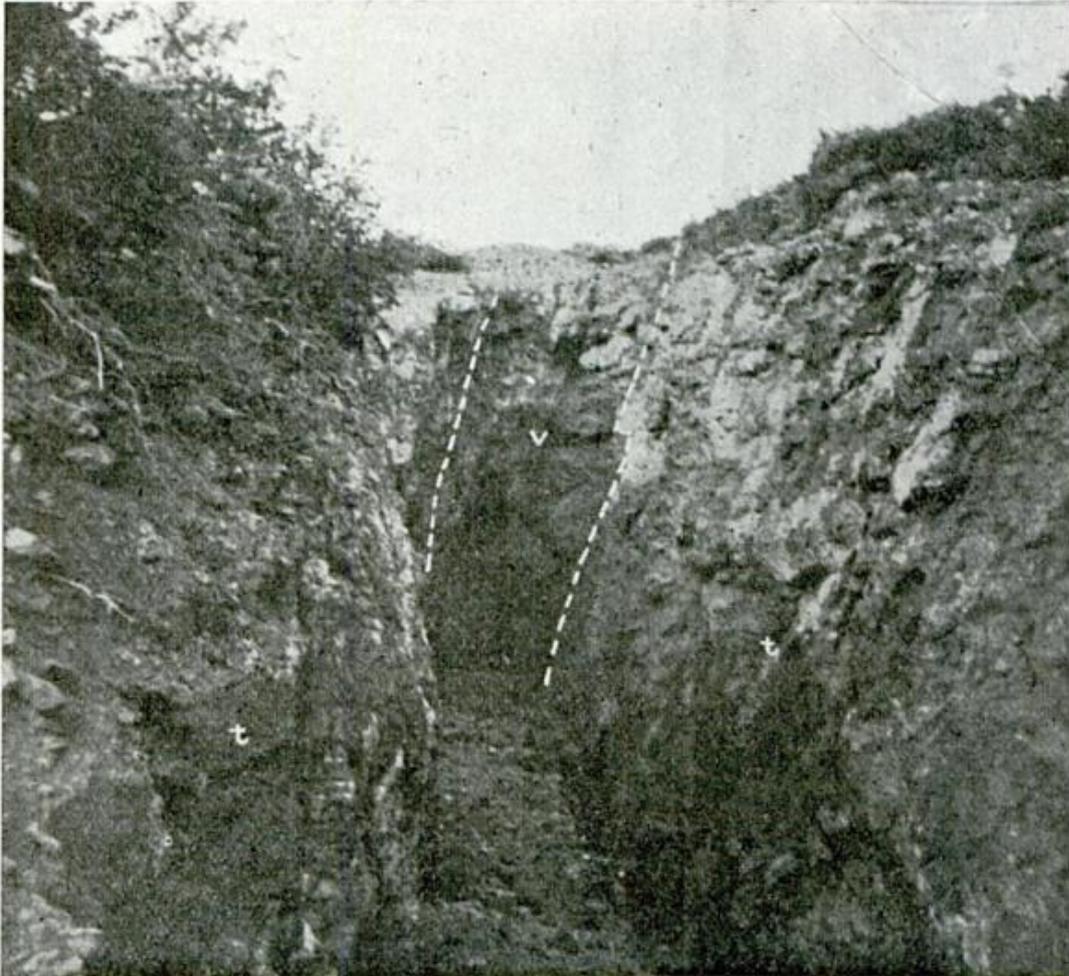


Figura 5. — Rajo y entrada a la galería de la Mina «Susana Beatriz» Veta (v) de estructura brechosa de 2 metros de potencia atravesando tobas (t) andesíticas caolinizadas y manchadas por óxidos de hierro.

ángulo de buzamiento que anteriormente habrían dividido a la corteza en una serie de compartimentos alargados.

Para analizar la idea que acabamos de enunciar vamos a considerar cuatro variantes que llamaremos A, B, C y D, ya que los rumbos asignados a los cuatro juegos de fracturas resultan algo arbitrarios por las desviaciones respecto de éstos observadas en las vetas pertenecientes a cada uno de ellos. En la figura 6 queda ilustrada gráficamente la hipótesis.

Las cuatro variantes indicadas con las letras A, B, C y D, han sido

obtenidas a partir de los rumbos promediales asignados precedentemente para los cuatro juegos de vetas metalíferas. Pero como los rumbos de los Juegos I y III, así como los de los Juegos II y IV resultan mutuamente perpendiculares, para obtener los rumbos requere-

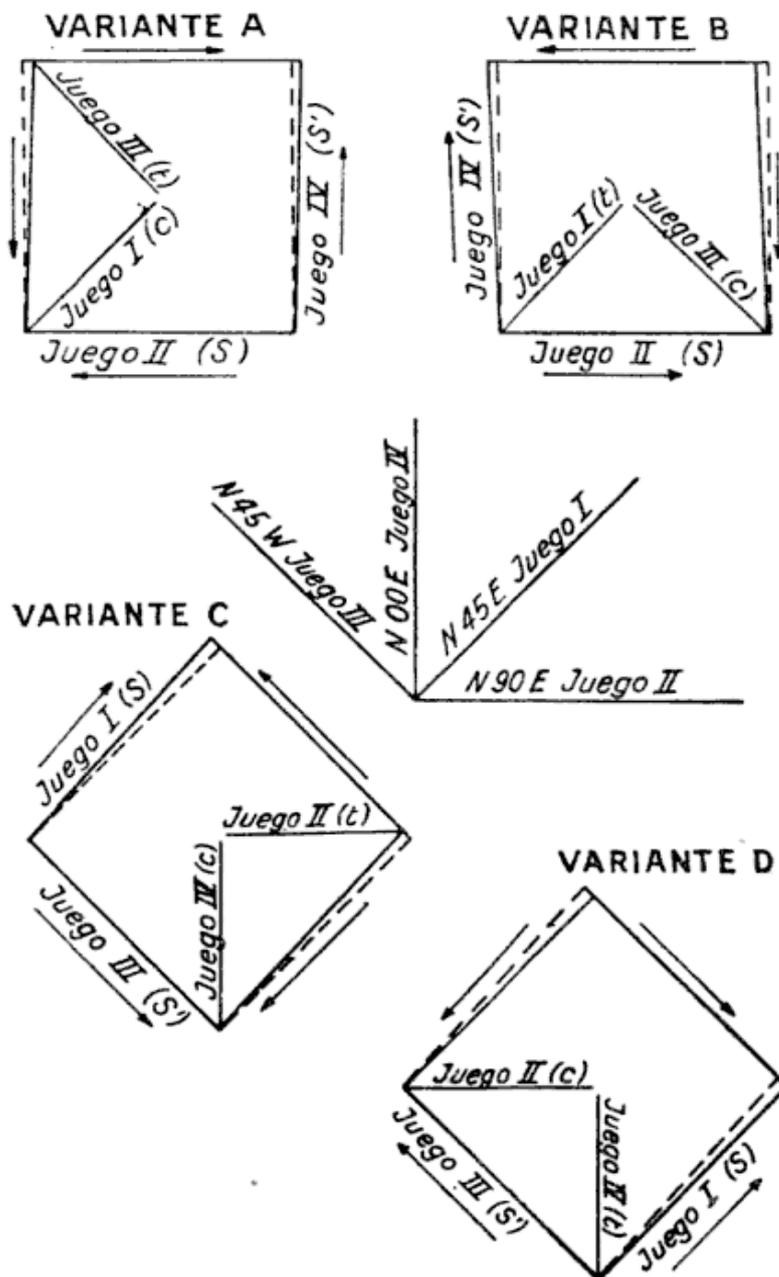


Figura 6

ridos por la hipótesis que estamos considerando ha sido necesario introducir ligeras modificaciones en ellos. Estas modificaciones se hallan justificadas por cuanto los rumbos asignados para los diferentes juegos no son valores reales, sino promediales, como hemos señalado precedentemente.

En las cuatro variantes ilustradas en la figura 6 la letra (*t*) indica a las fracturas tensionales, las letras (*s*) y (*s'*) indican a los dos juegos de fracturas de corte, y la letra (*c*) a las fracturas compresionales.

En la Variante A las fracturas del juego I corresponden a fracturas originadas por compresión. Es decir, que en el terreno debemos esperar que se presenten diaclasas o fallas de tipo inverso con plano inclinado aproximadamente 30 grados respecto al horizontal. Pero hemos visto que las fracturas del Juego I no son fallas inversas o corrimientos (ver pág. 14). Por tanto, la Variante A se encuentra en oposición con los datos existentes, y debe por tanto ser desechada.

En las Variantes C y D las fracturas del Juego I serían fracturas de corte (*S*). Las fracturas de este origen podrían estar representadas por diaclasas o bien por fallas laterales, ambas con planos verticales. Pero las fracturas del Juego I poseen planos inclinados 60 a 80 grados, ya sea hacia el NW (por ej. veta "Susana Beatriz") o bien hacia el SE (por ej., veta "Clara Natividad"). Por lo tanto también podemos desechar a las variantes C y D, por encontrarse en oposición con la información existente.

Consideremos finalmente la Variante B. En esta variante el Juego I corresponde a fracturas de origen tensional. En el terreno podrían encontrarse con dicha dirección: 1) diaclasas o fallas con planos verticales y desplazamiento en dirección perpendicular a dichos planos; o bien 2) fallas directas con planos inclinados 60 ó más grados; o bien 2) fallas directas con planos inclinados 60 ó más grados no se encuentra en oposición con los datos actuales.

De acuerdo con la Variante B podemos hasta cierto punto predecir la naturaleza de los tres restantes juegos de fracturas. Así, los juegos conjugados de fracturas de corte (*s*) y (*s'*) de planos verticales: el juego III correspondería a fracturas de naturaleza compresional que estarían representadas por fallas inversas de planos inclinados cerca de 30 grados respecto del horizontal, en dirección SW o bien al NE.

Extensión regional. — Podría pensarse que las estructuras que acabamos de describir y explicar sean locales. Sin embargo, y a pesar de la escasa información geológica existente sobre las regiones vecinas, parece que estas estructuras se han propagado sobre una vasta extensión. Así, por ejemplo., Petersen (1946, pág. 72-73, Mapa I, Perfil II) en su estudio sobre la región del río Chubut Medio, describe fallas directas de rumbo aproximadamente NNE y fallas inversas de dirección NNW, cuyo origen el autor explica de otra manera,

pero que tienen una curiosa semejanza con las fracturas de los Juegos I y II de la zona de la mina "Angela" y probablemente la misma naturaleza que estas últimas.

También recuerdo haber visto en la zona de Comallo, para ser más preciso, en el cañadón por donde baja al arroyo Comallo la ruta que viene de Pilcaniyeu y a la distancia de algo más de una legua aguas arriba de la citada población, un hermoso corrimiento que con rumbo NW coloca al Cristalino sobre la Serie Porfirítica. Por otra parte, el arroyo Comallo sigue desde aquí hasta más allá de la población homónima una dirección NE. Esta última dirección, así como la dirección NW antes mencionada, controlan el trazado de la red de drenaje de la región, por lo que me parece probable que dichas direcciones guarden correspondencia con fracturas de esos rumbos.

Relaciones entre las estructuras de las vetas y los diques más antiguos.— Cabe ahora preguntarnos si existe una relación entre las estructuras que acabamos de analizar y la que ostentan los diques basálticos y porfiricos. Comenzaremos por los diques basálticos. Estos pertenecen a cuatro diferentes juegos, como hemos señalado precedentemente, cuyos rumbos son los siguientes: NW, NNE, ENE y N.

Al compararlos con los diferentes juegos de vetas metalíferas surge claramente el paralelismo de dichas estructuras con estas últimas, no obstante la diferencia de edad en la formación de unas y otras estructuras. Por lo tanto, parece lógico pensar que los diques basálticos están controlados por planos de fracturas originados por fuerzas coincidentes en su naturaleza y dirección con las que en un período de deformación posterior han gobernado a la deposición metalífera.

Los diques de pórfido granítico, de edad más antigua que los basálticos, presentan rumbos aproximadamente coincidentes entre sí que oscilan gradualmente entre NNE y NE. Rumbos discrepantes sólo se observaron en la E 31, rumbo aproximadamente E; y en la E 34, rumbo N 65° E y buzamiento 50° SE. En el segundo caso, siguiendo el mismo dique se comprueba que gradualmente retoma el rumbo general NE. Se evidencia así una deformación continua que pudo ser originada por la acción de una cupla de fuerzas actuantes en épocas de deformación ulterior. No puede afirmarse si esta explicación es también válida para el otro caso mencionado, ya que aquél se refiere a un afloramiento de reducida extensión. Se trata de ex-

plicar por qué los diques de pórfido granítico presentan rumbo ENE hasta NE. Para ello podríamos recurrir a la acción de una cupla de fuerzas, por analogía con las deformaciones ulteriores, pero que a diferencia con éstas, habría desarrollado sólo un juego de fracturas tensionales, por las que habría ascendido posteriormente el magma granítico. Pero los diques también pueden haber estado gobernados por fracturas tensionales producidas, por ejemplo, por tensión directa, en vez de una cupla de fuerzas. En el caso de los diques de pórfido granítico, a diferencia con las otras estructuras de formación posterior, falta información adicional para decidir esta cuestión.

Tobas amarillas. — Esta formación se presenta en la parte oriental de la región estudiada, en el pie y en los faldeos de los cerros que llevan los puntos trigonométricos 1 y 9, donde las rocas que la constituyen asoman por debajo de los escombros.

La formación está constituida por tobas cineríticas de color castaño amarillento, manchadas parcialmente por óxidos de hierro y por tobas blancas con abundantes inclusiones de piedra pómez. Estas rocas son masivas, o con estratificación poco marcada. R. Croce (1935, p. 72) menciona haber hallado en estas rocas restos de troncos de árboles silicificados.

El conjunto alcanza seguramente más de 50 metros de espesor.

Las relaciones estratigráficas que presenta la formación no las he podido averiguar bien. Por lo que he podido observar, la formación descansa en neta discordancia sobre la formación de las minas, y debajo del basalto de las mesetas, pero no he podido establecer bien las relaciones de las tobas con las liparitas (formación Pire Mahuida). Croce, en la zona del cerro Chipchihuau, cerca de la casa de Luque, señala que dichas rocas se hallan situadas “debajo de las rocas riolíticas y basálticas”, indudablemente correspondientes con nuestra “formación Pire Mahuida” y “basaltos de las mesetas”, respectivamente. El autor citado se inclina a correlacionar a las tobas con rocas portadoras de restos de mamíferos fósiles del Terciario inferior (Eógeno), conocidas de otras localidades de la Patagonia.

Formación Pire Mahuida. — Aflora en la parte oriental de la región estudiada en los faldeos y cumbres de los cerros (puntos trigonométricos 1 y 9) que forman las estribaciones occidentales de las sierras Pire Mahuida.

Esta formación está constituida principalmente por mantos de lipa-

ritas y brechas de dicha roca, estas últimas de importancia relativa menor.

La liparita (17) y (17 bis) presenta generalmente color gris oscuro, textura porfírica, destacándose en pasta vitrocristalina fenocristales de cuarzo y sanidina. Los minerales componentes están casi libres de alteración y el feldespato presenta brillo vítreo.

La liparita presenta a menudo estructura fluidal. También es frecuente una disyunción en prismas determinada por el enfriamiento de la lava, pero con la particularidad de que en vez de una disposición vertical y paralela de los prismas, como ocurre frecuentemente en otras lavas, en este caso los ejes se disponen radialmente en forma de abanico.

Según Croce (1950, p. 79) esta formación, que denomina “serie riotaxítica”, se halla ampliamente distribuida en las sierras Pire Mahuida y presenta intercalaciones de perlitas y obsidianas.

La edad de la formación liparítica no puede establecerse con seguridad, pero algunos de sus caracteres y la escasa o nula alteración de estas rocas volcánicas aflorantes en localidades más o menos próximas demuestra semejanzas con la “serie riodacítica-liparítica” descrita por Petersen (1946) en su estudio de la región del río Chubut medio y que descansa sobre capas portadoras de la “flora fósil del Mirador”.

Fallas posteriores.— Nos han informado que en algunas labores mineras han sido observadas fallas que interrumpen la continuidad de las vetas metalíferas. Así, por ejemplo, en el pique “Aguila” (estación 70 del croquis geológico 2) de la mina “Susana Beatriz” se ha observado que la veta de rumbo N 70° E y buzamiento de 70° N termina hacia el W contra una falla de rumbo aproximadamente Norte. No disponemos actualmente de datos adicionales que nos permitan hacer un análisis geométrico a fin de determinar el tipo de esta dislocación.

Tampoco disponemos de los datos necesarios para determinar la edad de estas dislocaciones. Si vinculamos la deposición metalífera con el ascenso del magma que dió lugar a la acumulación de las liparitas de la Formación Pire Mahuida, podemos aventurar una correlación entre la fase de deformación que produjo estas dislocaciones y el ascenso del magma relacionado con el mecanismo basáltico moderno (Plioceno ?).

La explicación de la dinámica de las dislocaciones que ahora consideramos, tan tentadora como resulta por la aplicación de sus con-

secuencias en la búsqueda de la continuación de las vetas interrumpidas por aquéllas, no puede intentarse en el estado actual de nuestro conocimiento. Si bien estamos inclinados a aplicar a estas dislocaciones post-minerales la teoría que hemos desarrollado precedentemente para las fracturas pre-minerales, no debemos olvidar que en el caso de las fracturas post-minerales aquella idea no pasará de constituir una hipótesis de trabajo que requerirá una adecuada comprobación en base a nuevas observaciones. Para expresarlo de una manera más concreta, diremos solamente que las dislocaciones post-minerales podrían haber sido originadas por movimientos de ajuste isostático y no por movimientos de compresión lateral como los que habrían originado las dislocaciones pre-minerales.

Basaltos modernos. — Existe un único afloramiento de estos basaltos coronando una meseta situada en la parte SE de la región estudiada. El afloramiento mencionado constituye la avanzada más occidental de un grupo de afloramientos similares que se extienden hacia el NE, E y SE y con los remanentes producidos por la erosión de un nivel originariamente continuo.

Los mantos alcanzan 20-30 metros de espesor. Presentan disyunción columnar perpendicular a la superficie de enfriamiento de la lava que es subhorizontal.

La roca que constituye los mantos es un *basalto olivínico* de color gris oscuro de estructura intergranular (22).

En el precitado afloramiento los mantos de basalto descansan discordantemente sobre las Tobas amarillas. Pero he observado que en los faldeos orientales del cerro del punto trigonométrico 9 las coladas de basalto se adosan lateralmente a la liparita.

De acuerdo con estas relaciones geológicas generales atribuimos a estos basaltos una edad pliocena (Basalto II).

Depósitos modernos. — Bajo esta denominación se incluyen diferentes sedimentos clásticos poco o nada consolidados que constituyen los taludes al pie de los cerros o bien rellenan los cañadones.

En algunos cortes situados en las proximidades de los arroyos se observa que el relleno de éstos está formado por capas lenticulares y alternantes de grava, arena y limo. Pero estos afloramientos naturales no abundan y el estudio detallado de estos depósitos demandará investigaciones especiales que escapan al objeto del presente estudio.

ANALISIS DEL AGUA N° 21.536
Nota D — 515-54

Gobernación : CHUBUT

Partido : GASTRE

Lugar : Mina « Angela », proximidades Campamento Compañía Minera Fénix S. A.

Solicitante : Servicio Geológico (Dr. Raúl Dessanti)

Naturaleza : freática

ANALISIS QUIMICO

Aspecto	{	directo.....	límpida
		decantada.....	»
		filtrada.....	»
Color.....		incolora	
Olor.....		pútrida	
Reacción a la fenolftaleína	{	en frío.....	alcalina débil
		en caliente.....	» »
Materia en suspensión total.....	g/l	escasa cant.	
Residuo seco a 110°C.....	»	0,200	
Oxidabilidad	{	oxígeno consumido en medio ácido.....	»
		» » » » »	—
		» » » » »	—
Dureza (en CO ₂ Ca)	{	total.....	0,165
		permanente.....	—
		de bicarbonatos.....	0,130
Alcalinidad (en CO ₂ Ca) de carbonatos.....	»	—	
Bicarbonatos (CO ₃ H ⁻).....	»	0,159	
Carbonatos (CO ₃).....	»	—	
Cloruros (Cl ⁻).....	»	0,003	
Sulfatos (SO ₄ ⁻).....	»	0,031	
Nitratos (NO ₃ ⁻).....	»	0	
Nitritos (NO ₂ ⁻).....	»	vest.	
Amoníaco (NH ₄ ⁻).....	»	reac. positiva	
Calcio (Ca ⁺⁺).....	»	0,050	
Magnesio (Mg ⁻⁻).....	»	0,009	
Sodio (Na ⁺).....	»	0,002	
Potasio (K ⁺).....	»	—	
Hierro (Fe ⁺⁺).....	»	—	
Aluminio (Al ⁺⁺⁺).....	»	—	
Flúor (F ⁻).....	mg/l	0,5	
Arsénico (As).....		vest.	
Vanadio (V).....		vest.	
Sílice (SiO ₂).....		—	

CONCLUSIONES. — Por su composición mineral y de acuerdo con las valoraciones químicas efectuadas, esta agua es apta para el consumo. Pero por su olor pútrido y la presencia de nitritos y amoníaco, indicio de posible contaminación, debe ser sometida a un proceso previo de purificación conveniente (a base de clorógenos) antes de ser empleada en la alimentación.

Analizaron : *Jorge R. Poggi — Héctor Alcaraz*

Buenos Aires, 11 de mayo de 1954.

Dra. Adela Gómez Grimau
Jefa de la Sección Aguas y Sales Solubles

V° B° Dr. *Alberto A. Tomaghelli* (Jefe Depto. Laboratorio Químico)

Hidrología. — Las aguas superficiales son todas temporarias. Las aguas procedentes de las escasas lluvias dan lugar a la formación de esporádicos torrentes de avenamiento. En cambio, el agua procedente de la fusión de la nieve impregna el suelo y se infiltra hacia abajo en el subsuelo hasta alcanzar la capa freática.

Los manantiales son relativamente abundantes, presentándose en los faldeos o al pie de las elevaciones o preferentemente en el fondo de los cañadones. En éstos existen suelos oscuros cubiertos por una vegetación compuesta principalmente de gramíneas y ciperáceas, que en algunos trechos se embeben o cubren temporariamente de agua. En otros sitios la capa freática aflora en el cauce de los arroyos dando lugar a la formación de charcos y pequeñas lagunas.

De estas observaciones se infiere la existencia de una capa de agua freática relativamente abundante, cuya alimentación equilibra las pérdidas por evaporación de todas las superficies donde aflora y que dadas las condiciones climáticas imperantes han de ser importantes.

La calidad de agua es buena, como lo demuestra el adjunto análisis practicado sobre la muestra recogida en el manantial situado en el cañadón, a poca distancia del Campamento de la Compañía Minera Fénix S. A., y que abastece a la población allí establecida.

El movimiento del agua en el subsuelo se efectuará hacia abajo siguiendo preferentemente las grietas existentes en las rocas volcánicas. Como las grietas deben cerrarse a cierta profundidad, el agua detenida en su movimiento descendente determinará una capa freática de cierto espesor. El movimiento del agua freática se efectuará siguiendo direcciones divergentes a partir de los interfluvios hacia los cañadones adyacentes. Debajo de la superficie de los cañadones se moverá con mayor facilidad siguiendo su eje y la pendiente de la superficie.

En las condiciones señaladas el caudal del agua que pasa debajo de la superficie del cañadón en un determinado lugar dependerá, entre otros factores, de la cantidad del agua infiltrada desde la superficie de la cuenca situada aguas arriba del punto considerado.

Resumen y conclusiones. — En la zona de la mina “Angela” hemos reconocido las siguientes formaciones geológicas: 1) una sucesión de tobas y mantos andesíticos o porfiríticos que hemos denominado “formación de las Minas”, presuntivamente equiparada con la “serie porfirítica jurásica” (Feruglio); 2) un conjunto de diques andesíticos (o porfiríticos) intrusado en la formación anterior; 3) cuerpos intrusivos de pórfidos granítico-tonalíticos que atraviesan a las rocas

andesíticas; 4) cuerpos intrusivos de basalto (o meláfiro), que generalmente asumen la forma de diques y filones-capas, de los cuales los primeros cortan a los pórfidos, así como también a las rocas andesíticas; 5) un conjunto de tobas cineríticas o pumíceas, mal estratificadas de más de 50 metros de espesor, que denominamos “tobas amarillas” y que han sido correlacionadas con las “tobas con mamíferos de edad eógena” (Croce); 6) un conjunto de vetas portadoras de minerales metalíferos (galena, blenda, calcopirita) acompañados de oro y plata, y que constituyen yacimientos de interesantes posibilidades mineras; 7) una sucesión de mantos y brechas liparíticas que hemos llamado “formación de Pire Mahuida” y que hemos equiparado con reservas a la “serie riódacítica-liparítica” (Mioceno ?) de la región del río Chubut Medio (Petersen); 8) mantos de basaltos que constituyen mesetas recortadas por la erosión; y 9) un conjunto heterogéneo de depósitos cuaternarios.

Sendas discordancias se intercalan entre los basaltos antiguos 4) y las tobas amarillas 5); entre dichas tobas 5) y la formación Pire Mahuida 7); y entre esta última 7) y los basaltos modernos 2).

Los depósitos metalíferos forman vetas simples o ramificadas, cuya potencia varía entre pocos centímetros y dos metros. La longitud de algunas vetas alcanza hasta cerca de 800 metros. La mineralización consiste en galena, blenda, calcopirita y pirita, con plata y oro, acompañada por óxidos de hierro y cuarzo.

Las observaciones realizadas demuestran que las vetas metalíferas son de menor edad que los basaltos antiguos 4), los pórfidos graníticos-tonalíticos 3), y las rocas andesíticas 3) y 1), ya que todas dichas rocas constituyen las cajas de éstas, o bien han sido alteradas en mayor o menor grado en las proximidades de las vetas metalíferas. Presuntivamente hemos relacionado la época de formación de estos depósitos con la de intrusión y consolidación del magma ácido que suministró los materiales que constituyeron la formación Pire Mahuida (Mioceno?).

De acuerdo con su posición las vetas metalíferas han sido agrupadas en cuatro diferentes juegos: X) rumbo aproximadamente N 45° E; II) rumbo N 90° E; III) rumbo N 45° W; y IV) rumbo N 00° E.

Hemos comprobado que la posición de las vetas del juego I está gobernada por fallas de formación anterior a la deposición de los minerales metalíferos.

Indicios diversos, tales como que el rumbo de las vetas es paralelo a las direcciones de diversos tramos de la red de drenaje, y que

en varios lugares la estructura brechosa de las vetas parece significar que la deposición se ha realizado a lo largo de zonas de corte, señalan la posibilidad de que los restantes juegos de vetas también se hallen ocupando zonas de fracturas pre-existentes.

Seguidamente hemos realizado un análisis de las condiciones mecánicas que han gobernado la formación de los distintos planos de fracturas. Como resultado de dicho análisis hemos arribado a la idea de que los cuatro juegos de fracturas han sido determinados por esfuerzos originados en la acción de una cupla de fuerzas actuante en un plano aproximadamente horizontal. El origen del par de fuerzas habría que buscarlo en la compresión lateral actuando oblicuamente sobre planos de fallas principales de dirección aproximadamente Norte-Sur.

Desarrollando esta hipótesis hemos deducido la posición de los diferentes juegos de fracturas; así las fracturas del juego I tendrían naturaleza tensional, y están representadas por fallas directas de planos inclinados más de 60 grados hacia el NW o bien al SE; las fracturas de los juegos II y IV serían laterales y sus planos aproximadamente verticales; y por último las del juego III serían fallas de corrimiento con planos inclinados alrededor de 30 grados al NE o bien al SW.

Sostenemos además la opinión de que las condiciones mecánicas apuntadas no son locales, ni están circunscriptas a una única época diastrófica, sino que, por el contrario, tienen una distribución regional y se han repetido varias veces.

Asimismo señalamos la existencia de fallas post-minerales. Por el momento no es posible extender la hipótesis anterior a estas fallas de edad posterior. En el estado actual de nuestros conocimientos no es posible decidir si ellas son el resultado de compresión lateral o bien de movimientos de ajuste isostático.

Buenos Aires, agosto de 1956.

Servicio Geológico, Dirección Nacional de Minería.

LISTA DE LOS TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ANGELELLI, V. 1950. *Recursos minerales de la República Argentina. Yacimientos metalíferos*. Rev. Inst. Nac. Inv. C. Nat. Museo Argentino Ciencias Naturales B. Rivadavia, t. II. Buenos Aires.
- CROCE, R. 1950. a) *Algunas observaciones sobre los afloramientos graníticos, de rocas volcánicas y filónicas en Gastre, Chubut*. Rev. Inst. Nac. Inv. C. Nat. B. Rivadavia, t. I, n° 3, Buenos Aires.
- 1950. b) *Contribución al conocimiento de la geología y constitución de la Sierra Pire Mahuida y sus estribaciones al NE de Gastre, Chubut*. Idem, t. I, n° 2, Buenos Aires.
- BILLINGS, M. 1949. *Structural Geology*. Primera edición. Prentice Hall, Nueva York.
- DESSANTI, R. 1954. *Informe geológico preliminar del distrito minero. "Los Manantiales" (Gastre, Chubut)*. Direc. Nac. de Minería (informe inédito).
- FERUGLIO, E. 1941. *Nota preliminar sobre la Hoja geológica "San Carlos de Bariloche"*. Bol. Inf. Petroleras, Año XVIII, n° 200, Buenos Aires.
- GONZÁLEZ BONORINO, F. 1944. *Descripción geológica y petrográfica de la Hoja 41 b "Río Foyel"*. Bol. 56 Direc. Minas, Geol. e Hidrog., Buenos Aires.
- PETERSEN, C. S. 1946. *Estudios geológicos en la región del Río Chubut medio*. Bol. 59 Direc. Gral. Minas y Geología, Buenos Aires.
- TEZÓN, R. Y SHTANOFF, M. 1954. *Informe del distrito minero "Los Manantiales" (Gastre, Chubut)*. Direc. Nac. de Minería (informe inédito).

ESTE NÚMERO
SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EL 24 DE ABRIL DE 1957
EN LA IMPRENTA Y CASA EDITORA CONI, PERÚ 684
BUENOS AIRES

ASOCIACION GEOLOGICA ARGENTINA

COMISION DIRECTIVA: *Presidente:* DR. RAÚL N. DESSANTI; *Vicepresidente:* DR. CRISTIAN S. PETERSEN; *Secretario:* LIC. HORACIO V. RIMOLDI; *Tesorero:* DR. EDUARDO J. METHOL; *Vocales titulares:* DR. TOMÁS SUERO, DR. ARMANDO F. LEANZA, DR. ANICETO TORREA. *Vocales suplentes:* DR. CARLOS BORRAZÁS, LIC. CARLOS A. RINALDI, DR. ENRIQUE LINARES.

SUBCOMISION DE LA REVISTA: DR. ARMANDO F. LEANZA, DR. HORACIO V. RIMOLDI Y DR. HORACIO H. CAMACHO.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

t) Los autores se ajustarán, en la preparación de sus originales, a las siguientes indicaciones:

1) Los originales deben ser escritos a máquina — *ne varietur* — a dos espacios y con las hojas escritas en una sola de sus caras.

2) La lista bibliográfica llevará por título: "Lista de trabajos citados en el texto". Será confeccionada por orden alfabético, según sus autores y en orden cronológico cuando se citen varias obras del mismo autor. Si dos o más obras del mismo autor han sido publicadas en el mismo año, se distinguirán con las letras *a*, *b*, *c*, etc. Las respectivas citas llevarán las indicaciones siguientes: apellido completo e iniciales del nombre del autor; título completo de la obra; lugar y fecha de publicación. Tratándose de artículos aparecidos en publicaciones periódicas, se incluirá el nombre de las mismas convenientemente abreviado, con indicaciones del tomo y la página en que dicho artículo se encuentra. Se evitará el uso de términos superfluos tales como tomo, volumen; páginas, etc. A este efecto y para evitar confusiones, los números para distinguir los tomos se escribirán en caracteres romanos y aquellos referentes a las páginas en caracteres arábigos.

3) Las citas bibliográficas deberán ser incluidas en el texto y referirse a la lista bibliográfica inserta al final de cada artículo.

4) Las ilustraciones consistentes en dibujos deberán ser confeccionadas en tinta china indeleble. A los efectos de su mejor reproducción, es conveniente que ellas sean presentadas a doble tamaño del que serán publicadas.

5) Los autores subrayarán con línea *entera* los vocablos que deban ser compuestos en bastardilla; con línea *cortada* los que deban ir en versalita y con línea *doble* los que deban ser compuestos en negrita.

La correspondencia de la Asociación deberá ser dirigida a

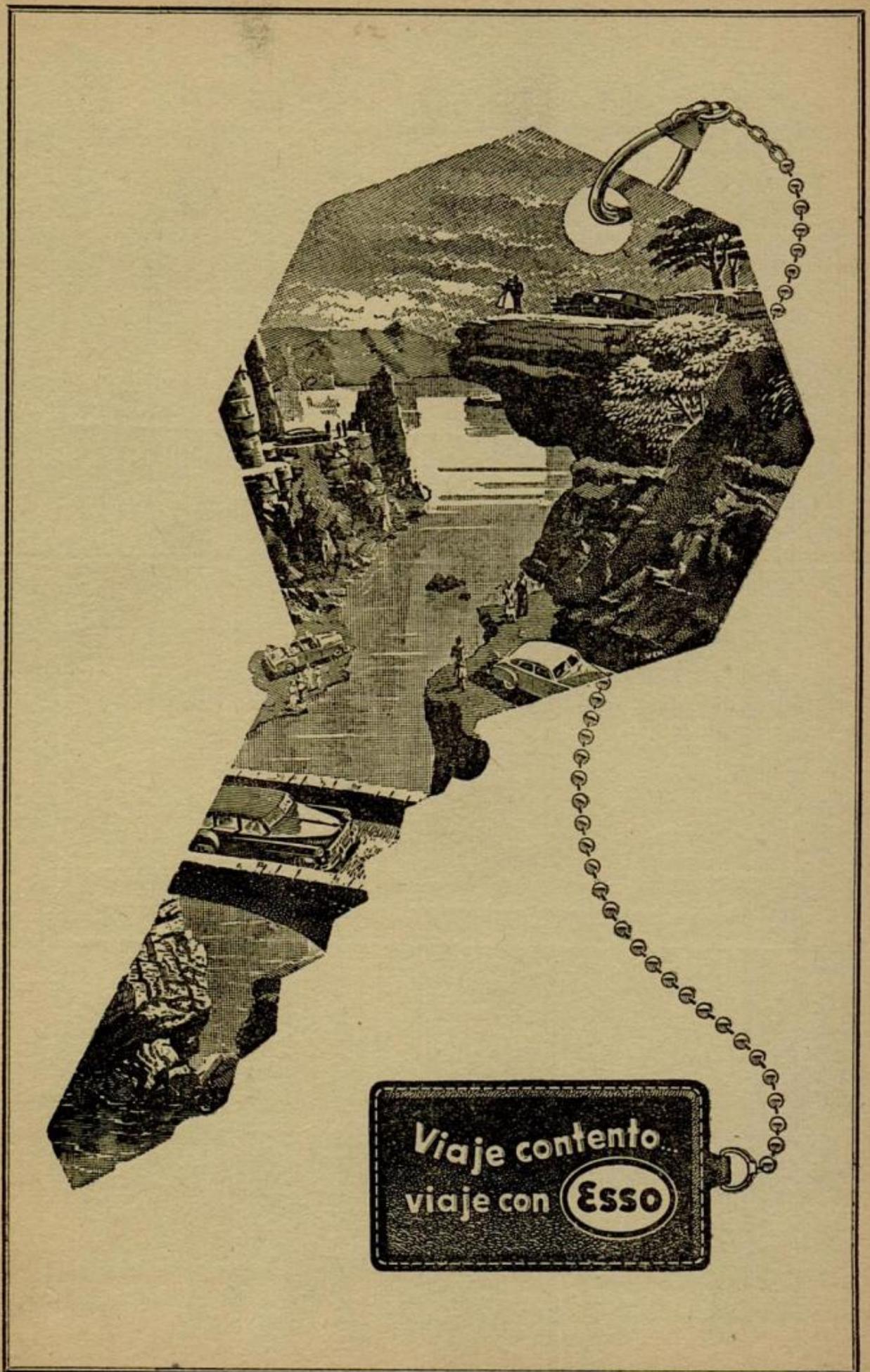
PERU 684, Buenos Aires (Rep. Argentina)

CURA-CÓ

SOC. DE RESP. LTDA. CAPITAL \$ 100.000 M/N

GEOLOGIA - GEOFISICA - MINERIA

ALTOLAGUIRRE 2041 — T.E. 51 - 9531 — BUENOS AIRES



Viaje contento.
viaje con **Esso**