

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.

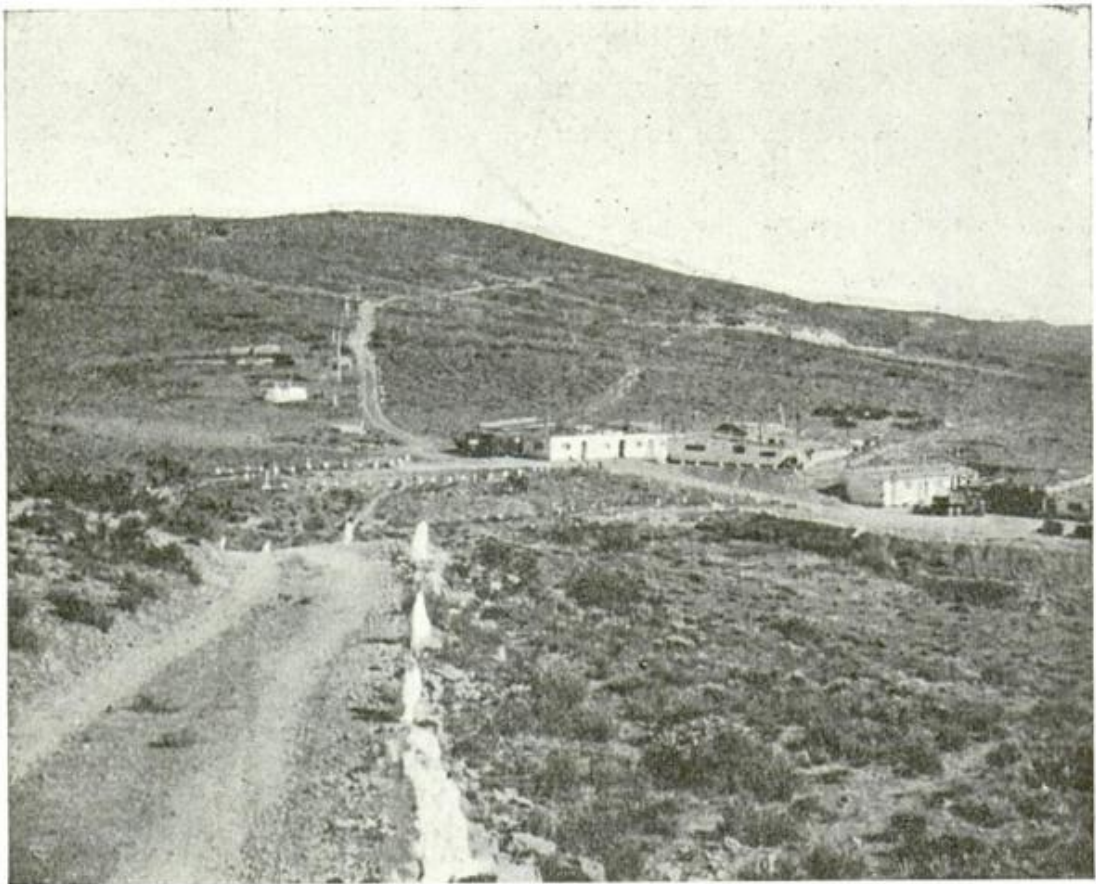


Fig. 1. — Campamento Mina « Angela »

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 distribuida 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 constituida 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

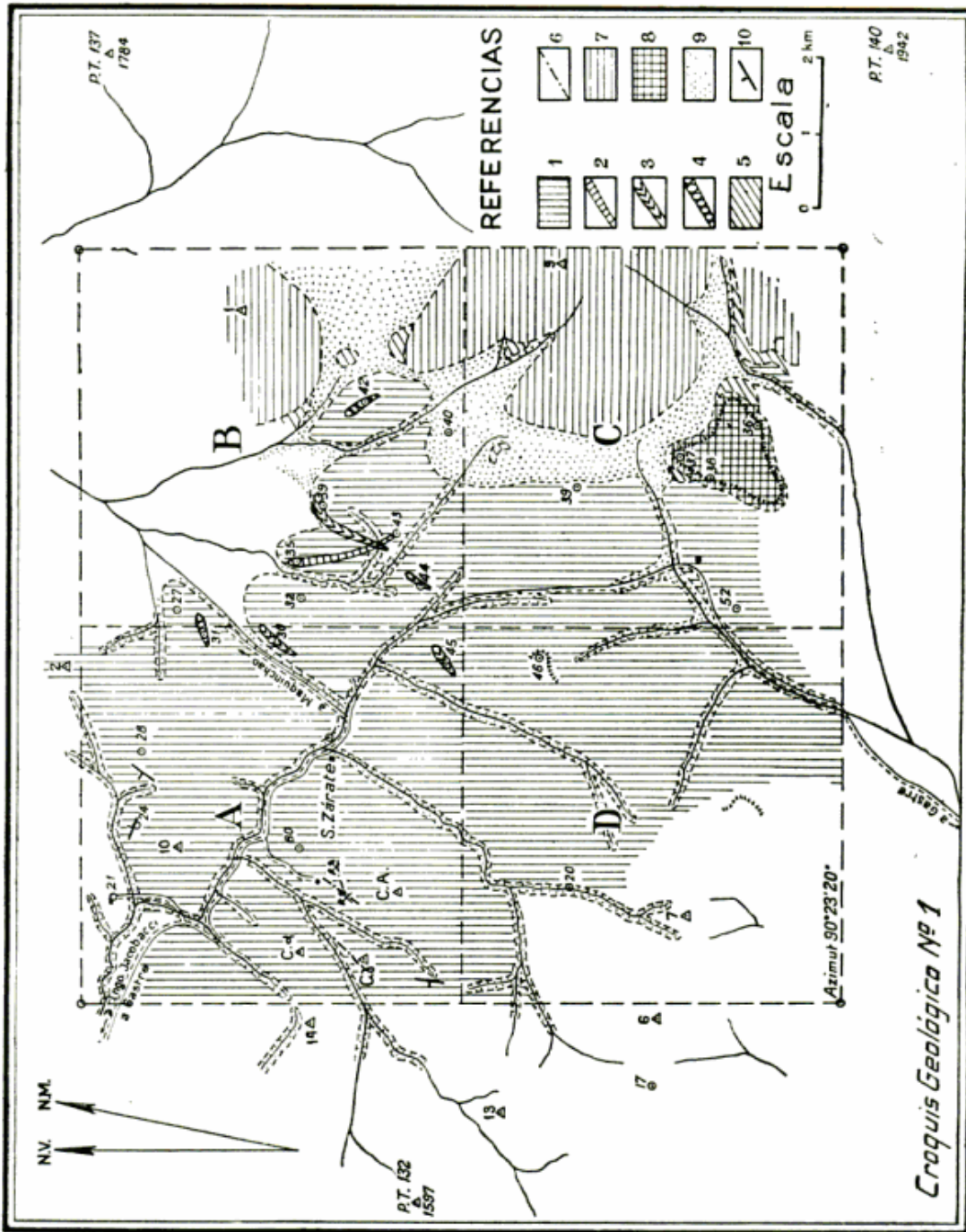
Edad	Formación	Litología y estructura	Dinámica interna y externa
Cuartario	Depósitos Modernos	Aluviones sueltos o poco consolidados	Erosión glacial y normal y acumulación
Plioceno	Basaltos Modernos	Coladas basálticas	Vulcanismo y ascenso Reactivación de fallas y erosión
Mioceno ?	Formación Pire-Mahuida	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.

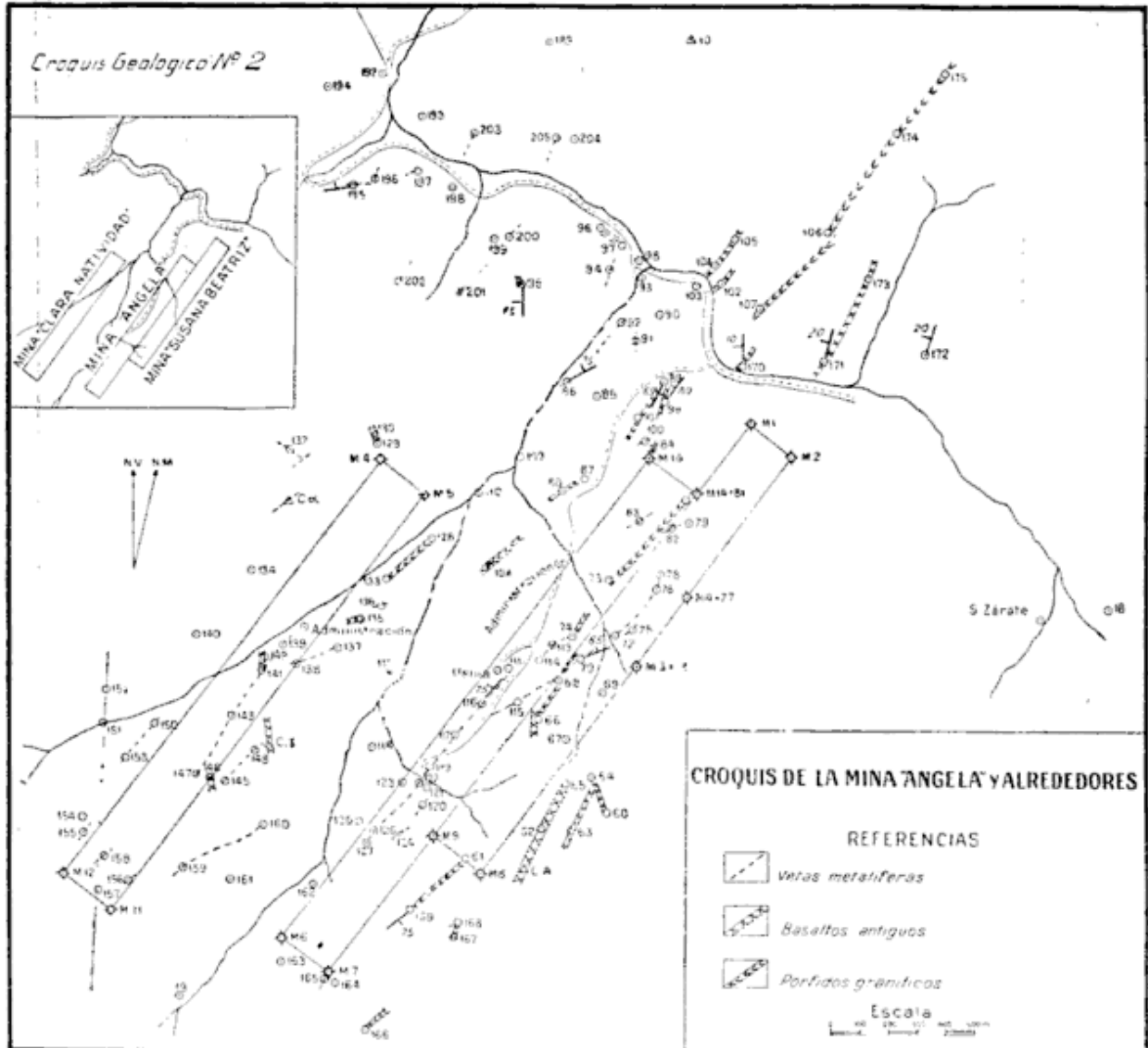
La estructura general del conjunto volcánico no indica un plegamiento apreciable de las capas. En casi todos los lugares donde pudo observarse "estratificación" y determinarse su posición resultó un buzamiento débil o moderado hacia el NW, como por ejemplo en

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 "porfíricos"). — 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 feldespatos 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

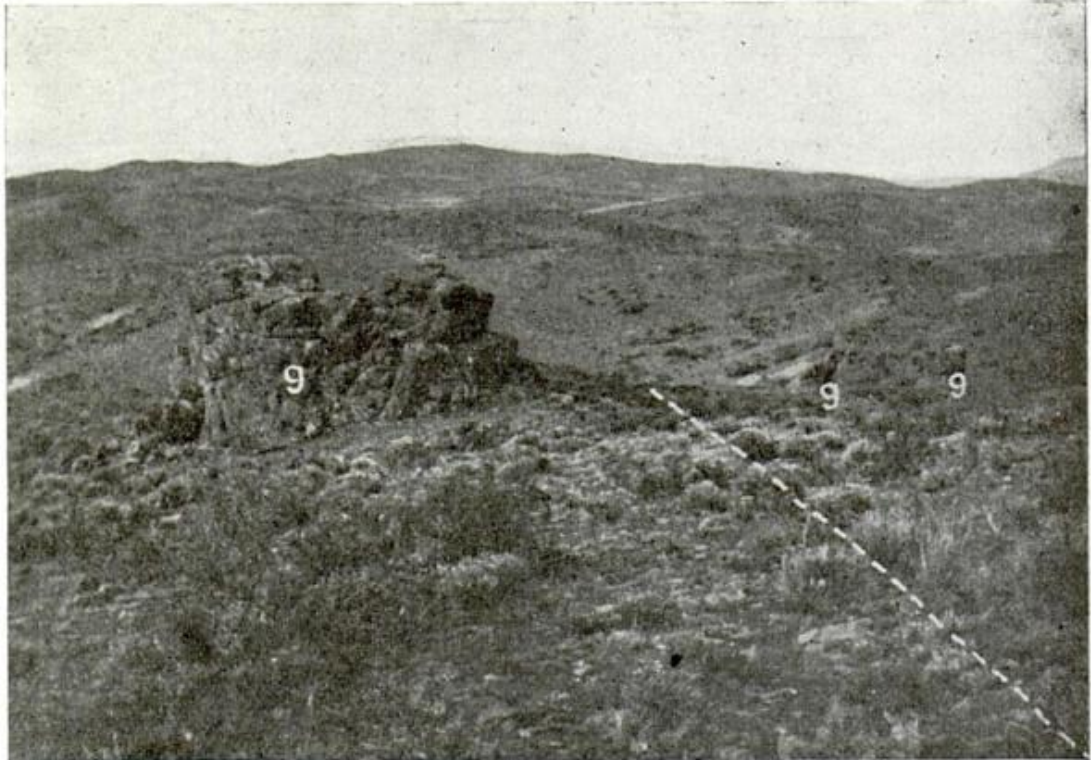


Fig. 2. — Mina «Susana Beatriz». Dique de pórfido granítico (g) cortado por falla; la línea cortada indica, aproximadamente, la intersección de ésta con la superficie del terreno

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 distribuidos 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.

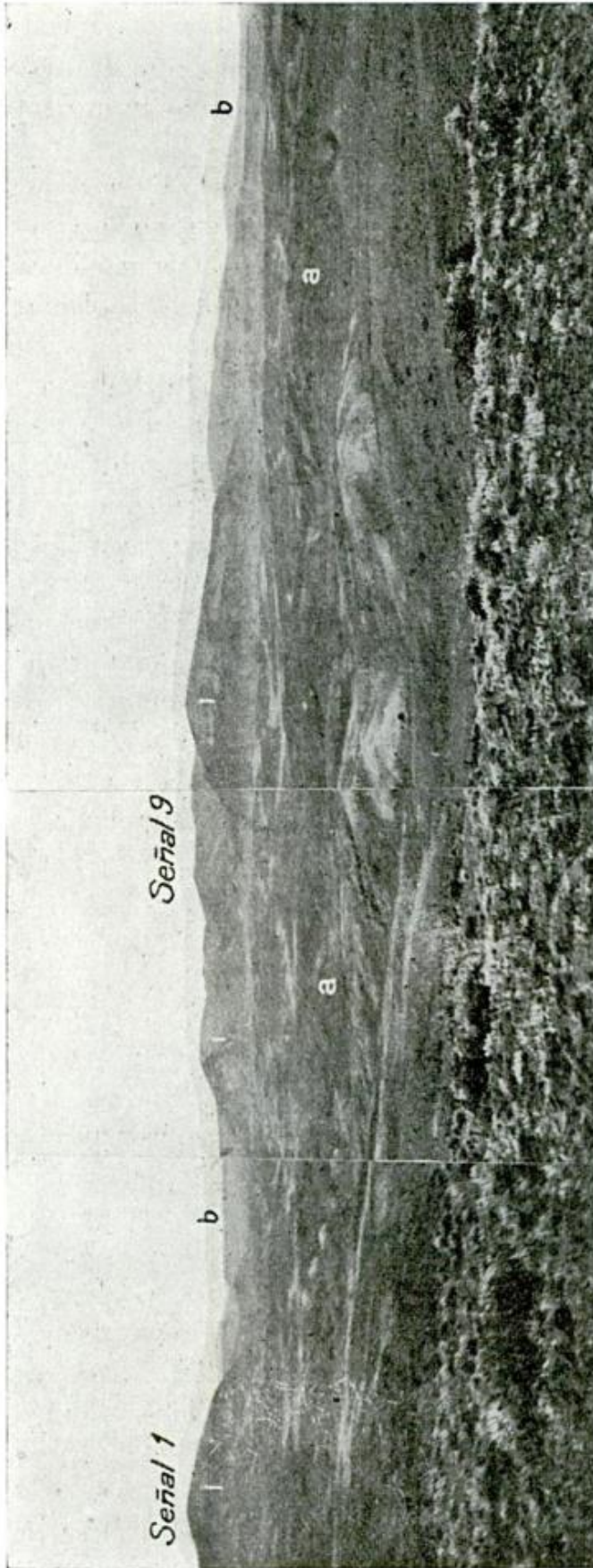


Fig. 3. — Panorama desde el Cerro A. En el plano medio en las lomadas bajas afloran (a) rocas andesíticas (Form. de las Minas) atravesadas por diques graníticos y basálticos; los cerros de mayor altura que aparecen más lejos (señales 1 y 9) han sido esculpidos por la erosión en rocas liparíticas de la 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.

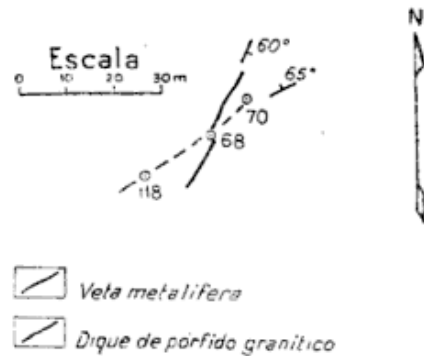


Figura 4

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-

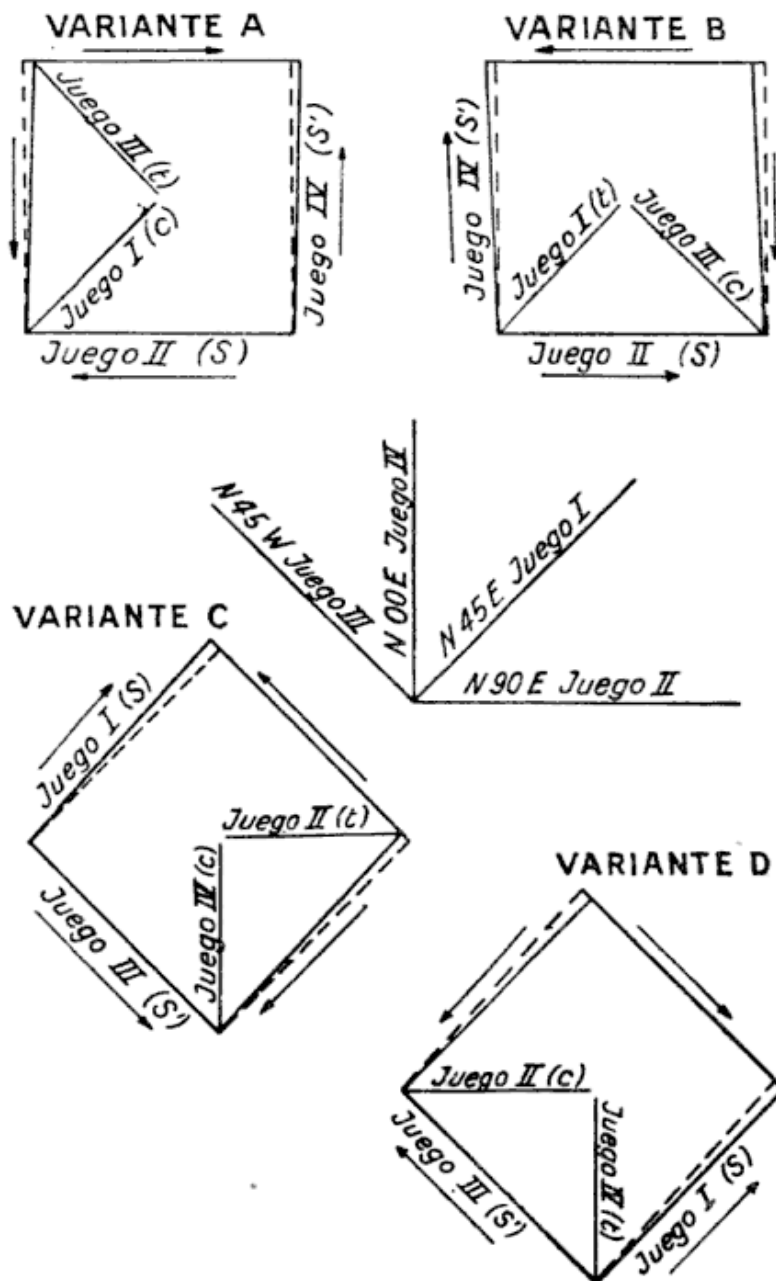


Figura 6

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.

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).