

# LOS YACIMIENTOS DE HIERRO

EN LAS REGIONES DE AGUA NEGRA Y LEONCITO <sup>1</sup>

DEPARTAMENTO IGLESIA (SAN JUAN)

Por LUIS EDUARDO ARIGÓS

---

## RESUMEN

Una corta visita efectuada al yacimiento de hematita de la mina San Martín, situado en la quebrada Agua Negra del departamento Iglesia de San Juan, permitió al autor efectuar un reconocimiento geológico-minero con miras a proyectar la realización de perforaciones de exploración y decidir sobre la viabilidad del método.

Esta mina, conocida desde 1926, no fué explorada mediante labor alguna hasta la fecha y la presente actualización de sus perspectivas económicas, favorecidas por la construcción del camino internacional a Chile « Presidente Perón », ofrece campo para nuevas consideraciones.

La aplicabilidad del método « Reen-verfahren », o método de la corrida, mediante hornos giratorios permite aprovechar minerales de hierro ricos con carbones pobres y viceversa, circunstancia que se identifica con las reservas de ambos minerales en la provincia de San Juan.

Si bien las reservas de mineral en la mina San Martín no podrán establecerse hasta tanto no se haya explorado en profundidad el yacimiento e investigado su génesis, el descubrimiento de hematita-magnetita en otras regiones cercanas a Iglesia, zona del cateo Leoncito mencionado en este trabajo, en filones básicos enriquecidos con mineral de alto contenido en hierro metálico, presenta halagüeñas perspectivas de elevar las reservas hasta sobrepasar el mínimo requerido para la industrialización.

La mineralización regional de varios tipos de yacimientos minerales que presenta la granodiorita y el carácter intrusivo de ésta en sedimentos paleozoicos, fenómeno al que se agrega la presencia de efusiones dacíticas y andesíticas terciarias también responsables de otras mineralizaciones, induce a creer que el estudio regional geológico-económico y el particular de los yacimientos conocidos y por descubrirse, especialmente de los minerales de hierro, hará posible la determinación definitiva del valor económico de sus reservas.

Mientras se concreta la prospección geológico-minera y geofísica, la información que aquí se consigna podrá orientar sobre varios aspectos geológicos y mineros, sobre la calidad del mineral, sus porcentajes de impurezas específicas, sobre la mineralización y ubicación del mineral a la vista, dándose además una interpretación de la posible génesis y sus relaciones regionales.

<sup>1</sup> Estudio realizado por cuenta de la Dirección Nacional de Minería. Se agradece al señor Subsecretario el haber permitido y facilitado la publicación de este trabajo.

## INTRODUCCIÓN

La presente información tiene por objeto dar a conocer el descubrimiento de un nuevo yacimiento de mineral de hierro en la provincia de San Juan, y el reconocimiento geológico-minero que permite actualizar las posibilidades económicas de la hematita de la antigua mina San Martín, situada en la Quebrada Agua Negra, departamento de Iglesia de la misma provincia (fig. 1).

El nuevo yacimiento está situado en la región precordillerana, al sudoeste de Tocota, sobre las márgenes de la Quebrada Leoncito, cerca de la desembocadura de dicha quebrada en los llanos homónimos. Cubriendo estos afloramientos existen los correspondientes pedidos de cateo, de allí la impropia denominación de «Cateo Leoncito», adoptada provisoriamente para identificar el yacimiento.

La importancia económica de estos dos yacimientos de mineral de hierro, de alto contenido en hierro metálico, radica especialmente en la perspectiva de alcanzar la organización de una industria metalúrgica local mediante el aprovechamiento integral de la materia prima sanjuanina, hierro y carbón y el excedente energético de la usina hidroeléctrica de Jachal. La accesibilidad a los yacimientos minerales citados, a los que se agregaría, de igual manera, los extensos mantos carboníferos de Los Rastros y Caballo Anca, permite considerar favorablemente los costos de transporte, anteriormente prohibitivos en el cálculo económico de sus respectivas explotaciones. A estas condiciones favorables se une la practicabilidad del empleo del método Reen-Krupp (o método de la corrida) para la metalurgia del mineral de hierro sanjuanino, hasta la obtención de la chatarra de ese mineral.

La perspectiva de utilizar los carbones pobres conocidos en varios yacimientos del norte de San Juan y sudoeste de La Rioja, permite ampliar las miras económicas que tal desarrollo industrial puede promover en las regiones de su influencia.

Es por estas razones, rápidamente enunciadas, y además por el descubrimiento de nuevas reservas de mineral de hierro, que ha cobrado actualidad y ha despertado interés particularísimo de encarar la realización de los estudios de exploración geológico-minera, de los cuales esta comunicación constituye la nota preliminar para determinar sus condiciones económicas. Evidentemente no existe el propósito de dar aquí la solución definitiva a tan amplios y numerosos problemas, pero sí contribuir con el modesto aporte de esta información a la conveniente realización de programas y proyectos de estudios y trabajos mineros que indiquen las reservas necesarias para una industrialización de esta índole, de gran proyección nacional.

La información que aquí se consigna, es parte de un informe inédito de la Dirección Nacional de Minería, con cuyo consentimiento se ha efectuado esta publicación, actitud que compromete mi reconocimiento. Igualmente quiero agradecer a la firma titular de las concesiones Sres. Aguilar, Borcosque y Cía. y al Sr. Ing<sup>o</sup> E. Bergner por la colaboración espontánea prestada al autor en ocasión de la visita a los yacimientos.

### MINA SAN MARTÍN

*Generalidades.*— El reconocimiento geológico-minero de este yacimiento, más conocido como yacimiento de hematita de Agua Negra, data de la época en que se realizó su primera exploración a cargo de Lannefords, en 1928. Posteriormente fué visitado en dos oportunidades sucesivas, durante 1941 por Angelelli y en 1943 por Sgrosso. Del primero existe un informe inédito en la Dirección Nacional de Minería y del segundo, que realizó una rápida visita, dejó una corta información en el Ministerio de Fomento provincial. En ambas oportunidades los informes destacaron la pureza del mineral y la necesidad de realizar prospección y laboreos mineros en detalle, para determinar las reservas; se anticipaba además, que la explotación económica del yacimiento no era aconsejable por el momento, debido a la costosa inversión fija que involucraba la construcción de un camino, viable durante todo el año.

Desde entonces y a pesar del lapso transcurrido, no se ha ejecutado ningún tipo de labor de exploración que permita conocer mejor el yacimiento. En verdad, su exploración no ofrecía en esa época las perspectivas económicas que presenta en la actualidad, pues no existía camino de acceso a tan alejada e inhóspita región y tampoco se conocía en el país la alternativa favorable que representa la aplicación satisfactoria del moderno procedimiento Reen-Krupp para el tratamiento del mineral y recuperación del hierro metálico en forma de chatarra o arrabio.

El yacimiento está ubicado en el departamento de Iglesia sobre la fuerte pendiente que baja hacia la margen derecha de la quebrada Agua Negra, a una distancia de 26 km al oeste de las juntas con la Quebrada Arrequeintín, en total 54 km al oeste de la localidad de Iglesia (Distrito Las Flores), y a 110 km al oeste de Jachal (fig. 1). A estas poblaciones se halla unido por caminos en perfecto estado de conservación, siendo destacable la construcción de la ruta internacional « Presidente Perón » a Chile, entre Iglesia y La Serena, Puerto de Coquimbo, actualmente muy adelantada. El trazado de esta ruta permite llegar hasta la base de la pendiente en donde se hallan los afloramientos ferríferos. El camino internacional se aparta de la ruta provincial N° 10 en la población de Las Flores; a lo largo de 17 km, por camino de llanura atraviesa



la Pampa de la Patria, entre Las Flores y Peñasquito (2.607 m) y luego por 9 km de camino de cornisa, sigue el trazado contiguo a la quebrada Agua Negra, entre Peñasquito y Alto Amarillo (3.324 m) elevándose en sucesivos zigzagueos hasta alcanzar los 3.884 m frente al yacimiento, por la pendiente opuesta. Desde el Alto Amarillo y por el cauce de la quebrada Agua Negra, en perfecto estado de conservación, sigue por 9 km una prolongación viable para el tránsito de vehículos con cargas pesadas utilizados por la comisión de vialidad, y que llega varios kilómetros al noroeste de los afloramientos.

Con esta magnífica obra, se debe considerar como superadas las anteriores perspectivas adversas que suponía el costo elevado de la construcción del camino de acceso.

En cuanto a la provisión de agua se refiere, para uso doméstico e industrial, se halla asegurada por la corriente de deshielo del Arroyo Agua Negra, la cual, en época poco propicia se insume pocos kilómetros agua arriba de la zona de la mina. En ese lugar tiene su nacimiento un amplio cauce, arenoso y playo, del mismo río, con una anchura de 500 m, por varios kilómetros de longitud, que constituyó el lecho de una esporádica laguna, la cual quizá pueda formarse en parte actualmente, si el arrastre de las crecientes con su gran transporte de material endicara el cauce en una estrechura que se halla situada 3 km aguas abajo de la mina. Tal es el fenómeno que en épocas modernas ha ocurrido y originó el llamado «El Arenal».

Las fuentes resurgentes de agua dulce que afloran poco después de la estrechura que constriñe a El Arenal, y que luego formará y alimentará la corriente permanente del río Agua Negra, habla por sí sola de la importancia de la circulación subálvea de aquel cauce. Este lugar es conocido como Ojo de Agua y de sus manantiales brota un caudal variable según las épocas, pero permanente y de buena calidad. El río Agua Negra recién desaparece infiltrándose aguas abajo de Peñasquito (Km 30 de la Ruta Internacional).

Por la pendiente oriental de donde se hallan los afloramientos, desciende un arroyo de deshielo (ver fig. 2), cuya corriente, aunque no de mucho caudal, puede ser utilizada para los trabajos de perforación explorativa, interrumpiendo el curso de la quebrada y desviando el cauce mediante una canaleta hacia las piletas o tanques que podrán instalarse por encima de la ubicación de la máquina perforadora. La provisión de agua dulce en gran cantidad en épocas menos propicias está asegurada y en gran cantidad por la corriente subálvea del cauce de El Arenal, captable mediante obras de bajo costo.

Para completar la información geográfica, que resulta de interés inmediato conocer, debe destacarse que, como la región se halla a 3.875 m sobre el nivel del mar, azotada por fuertes vientos casi permanentes, fríos

rigurosos y con prolongados temporales en invierno, todo programa de trabajo deberá proyectarse para realizar en épocas propicias, de octubre hasta abril, previendo la instalación de buenas viviendas con suficientes reservas de combustibles y víveres, como así también de leña y pasto; estos últimos faltan en la región casi totalmente. Las vegas de Ojo de Agua alcanzan sólo para mantener una reducida tropa de animales y por pocos días. La única leña aprovechable es el «cuerno», bastante abundante pero muy extendido, por lo tanto difícil de recoger en cantidad suficiente, sin contar además con los impedimentos de la fuerte pendiente y de los acentuados efectos de puna.

*Rasgos geológicos.* — La roca dominante en la región la constituye un extenso manto de riodacita, localmente alterada por epidoto y limonita. El fenómeno de epidotización es muy fuerte en la zona de las vetas y también en una faja visible a media pendiente subiendo a la mina San Martín. Allí la riodacita ha sido reemplazada por una masa de epidoto con muy poco cuarzo. Este fenómeno se manifiesta también, pero en mucho menor grado, cerca de la base de la pendiente, en forma de venas paralelas a la faja anterior, donde la riodacita se halla bastante descolorida de su típica tonalidad castaño oscuro.

El afloramiento del manto riodacítico puede seguirse en ambos lados de la quebrada principal (ver bosquejo geológico-minero), siendo la riodacita de color pardo oscuro y violado oscuro la que ocupa mayor extensión de afloramiento. Las zonas de alteración epidótica se prolongan, en cambio, principalmente en forma de fajas pero también en forma de manchas o masas lenticulares epidotizadas, las cuales muestran la característica tonalidad verdosa oscura, semejante a la vista en las zonas de las vetas.

Aguas abajo y sobre la margen derecha de la quebrada, se nota en el manto riodacítico una fuerte alteración limonítica, amarillo-pardusca, que forma un amplio manchón alargado, subiendo un tercio de la pendiente.

Recién a pocos kilómetros aguas abajo de la quebrada Agua Negra, frente a la zona de los Ojos de Agua, aparece la granodiorita a la que se hace referencia en los informes anteriores de Angelelli y Lannefords. Esta intrusiva regional aflora en varios sitios entre Leoncito y Angualasto y su distribución y relaciones, como asimismo sus intrusiones filonianas en el Paleozoico inferior de la Precordillera vecina, proporcionará amplio campo para la investigación geológico-minera de una interesante zona con grandes perspectivas económicas. La rapidez de la visita, efectuada para los fines técnicos de estudiar la posibilidad de explorar las vetas mediante perforaciones, no permite relacionar los contactos de esta intrusiva regional, imposible de recorrer en pocos días. La propia mineralización de hematita-especularita de la mina San

Martín está estrechamente relacionada con esta intrusión granodiorítica, seguramente extendida por debajo del manto riodacítico. Una exploración detenida podrá aclarar muchos puntos oscuros todavía y determinar específicamente los problemas inherentes a la importancia regional de la mineralización ferrífera y la génesis del mineral.

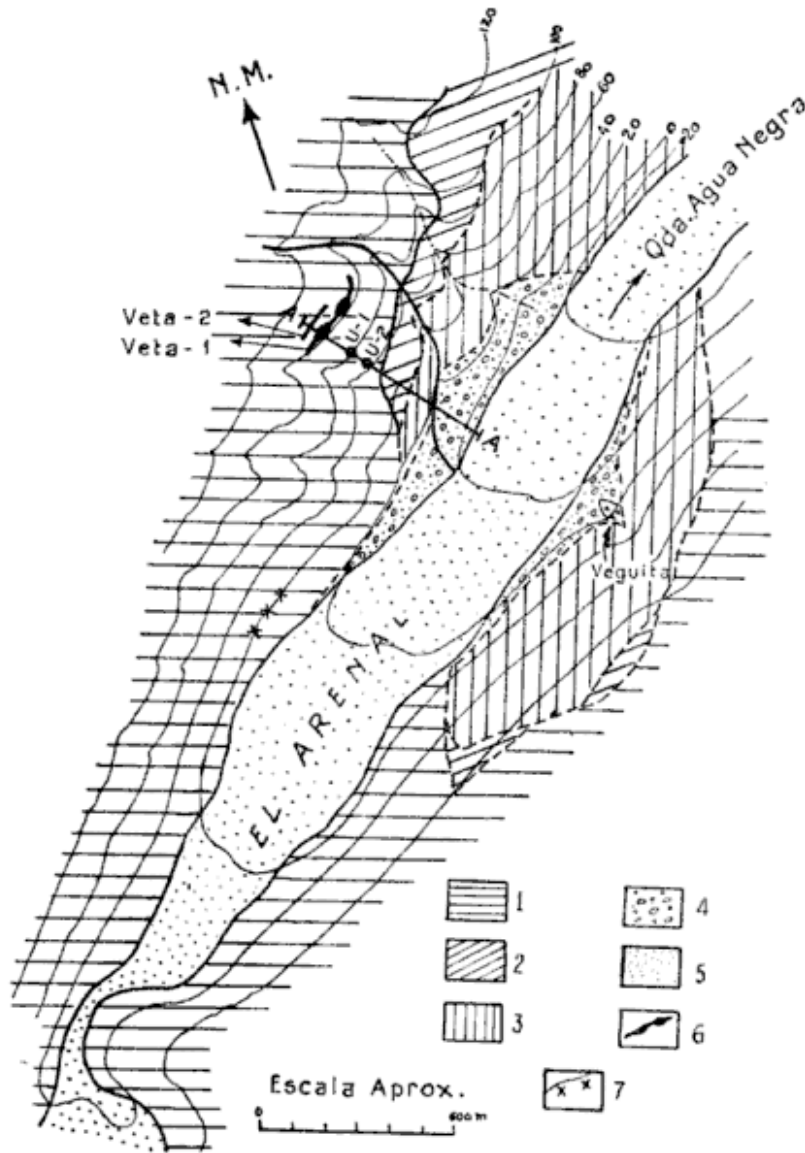


Fig. 2. — Bosquejo geológico-minero de la mina San Martín (Agua Negra-San Juan) :  
1, Riodacita parda y violada oscura; 2, Riodacita epidotizada; 3, Riodacita epidotizada con limonita; 4, Pie de monte y fanglomerados; 5, Aluvión del Río El Arenal; 6, Vetas con bolsones de enriquecimiento; 7, Rodados de epidoto con hematita.

Llama la atención que, en donde las terrazas fluviales dejan ver parte de sus barrancas antiguas, se nota un substrato de alrededor de 30 cm (espesor variable), ubicado inmediatamente por debajo de la cubierta de rodados, integrado por una arena con alto porcentaje de limonita terrosa, de grano fino, la cual, por su riqueza en hidróxidos de hierro y su relativamente fácil extracción, puede resultar de interés económico. La gran extensión de estas terrazas en los tramos amplios cercanos a



las cabeceras de la quebrada Agua Negra, induce a creer que si es amplia la dispersión horizontal del horizonte limonítico, existe suficiente tonelaje como para permitir secundariamente su explotación.

El análisis químico de una muestra representativa de varios afloramientos de ese horizonte limonítico dió un contenido de 11,61 % de hierro metálico, con cierto porcentaje de fósforo y azufre, respectivamente de 0,05 % y de 1,09 %.

*El yacimiento.* — En el área del yacimiento se ven los afloramientos de dos vetas paralelas, o más o menos paralelas, de desarrollo irregular, formando arcos amplios en forma de S acostada y muy alargada y con



Fig. 3. — Tomada con rumbo N-15°-W. Vista del cerro en donde está ubicada la Mina San Martín. La ladera de fuerte pendiente baja hacia la margen izquierda de la quebrada Agua Negra; a la derecha la torrentera de deshielo que desagua al pequeño circo glacial de la cúspide del cerro. V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub>, vetas; 1 y 2, ubicaciones probables de las perforaciones dirigidas.

dos concentraciones principales de mineral en la veta I, ubicada inferiormente en el plano de la pendiente con respecto a la veta II (ver fig. 3).

El rumbo general es de NE a SW, habiéndose medido en la veta principal un rumbo N-47°-E, buzando al NW con una magnitud variable entre 52° y 55°.

En el extremo NE de los afloramientos, las vetas aparecen esporádicamente ya que, a lo largo de apreciables trechos, las secciones se hallan cubiertas por grandes masas de escombros de riodacita de color castaño oscuro que provienen de los crestones que forman la escarpada cumbre del cerro. Sin embargo, las venas principales vistas en la concentración n° 2 de la veta I, se continúan mostrando hematita con apreciable porcentaje de epidoto, el que constituye la ganga principal. En la vecindad del extremo NE la veta I forma un pronunciado arco, según se infiere de los tres destapes de escombros realizados en busca de la prolongación



de la veta. Según ello, la veta I gira  $120^\circ$  ya que los tres destapes puede considerárselos como los vértices de una figura triangular equilátera, hallándose dos de ellos en la dirección del rumbo de la veta y el restante con rumbo  $N-30^\circ-W$ .

Esta zona se halla sobre una elevación topográfica de 30 m, en un plano superior al extremo opuesto de la veta I, o sea a su extremo SW, que se halla situado aún por debajo de la concentración n° 1. La apreciación de este desnivel tiene importancia en la consideración de la medida vertical de afloramiento, por cuanto de los 230 m de corrida de las vetas mineralizadas (hematita y epidoto), existen 30 m verticales reconocidos por la presencia misma de mineral a la vista.

Hacia el SW la veta principal se prolonga desde la concentración n° 1 con una corrida de 25 m descendiendo topográficamente 18 m. Allí, la caja de riodacita se halla descolorida mostrándose de una coloración rosada hasta violada, adquiriendo las venas un espesor de 5,50 m en donde predomina epidoto, pero llevando siempre impregnaciones de hematita en forma de 6 venillas de ancho variable entre 6 y 8 mm. Existen dos venillas ricas de puro mineral de hierro de 8 cm de ancho. En otros casos, la ganga epidótica forma venas de 40 cm con impregnaciones microcristalinas de hematita, en porcentajes variables, irregulares, en forma de pequeñas concentraciones, las cuales se hallan dispersas o agrupadas dentro de la ganga. En esta sección de veta, el rumbo general ha torcido hacia el SW-W, habiéndose medido  $S-62^\circ-W$ . Inmediatamente de la concentración n° 1 hacia el SW, la vena principal se subdivide en 5 venillas con ancho variable entre 8 y 15 cm, en ganga de epidoto y poco cuarzo, dentro del espesor total ya mencionado de 5,50 m. Dentro de la masa de riodacita epidotizada de la ganga existen numerosas venillas muy delgadas, demostrando con ello el desmembramiento de la concentración n° 1.

En el plano de la pendiente que baja con rumbo  $S-28^\circ-W$  no es posible identificar la vena principal, ya que se halla cubierta en superficie por una espesa camada de escombros dejados por una torrentera seca. Se advierte, 30 m por encima del nivel de las vetas, un cambio fundamental en las líneas del clivaje dominante en la masa de riodacita, las cuales cambian bruscamente de rumbo, precisamente en el lugar de la torrentera, indicando al parecer, que debe atribuirse a ese sistema de diaclasas preexistentes el ordenamiento estructural de la mineralización. Hacia la cumbre del cerro la riodacita, sin alteración epidótica, muestra dos planos principales de diaclasas, de los cuales el rumbo de uno de ellos es muy visible y dominante, extendido siguiendo el propio de las vetas, aproximadamente  $N-45^\circ-E$  y otro secundario con rumbo  $N-8^\circ-E$ .

Siguiendo por la veta I, en dirección al rumbo  $N-47^\circ-E$  y subiendo 18 m de nivel tendido, hallamos la concentración n° 1 ( $C_1$ ) (ver fig. 4).

Constituye la vena principal de la veta I y sus espesores varían desde 1 m en los extremos a 4 m en el primer tercio de corrida, de mineral de gran pureza, encajado en salbandas de epidoto de 0,5 m de ancho, el cual envuelve a la hematita especular y se continúa en la roca de caja alterándola y decolorándola. Esta  $C_1$  tiene una longitud de 21 m y el área que abarca es susceptible de dividir en figuras de superficie trapezoidal, tomando como base de los trapecios los diferentes espesores visibles.



Fig. 4. — Tomada con rumbo N-60°-E. Vista de los afloramientos de hematita de las concentraciones 1 y 2 de la veta I. Se notan los afloramientos aislados, cubiertos por detritus de falda y mineral de veta de las cuales, sólo quedan crestas aisladas luego de la explotación de 800 toneladas extraídas con el fin de realizar ensayos metalúrgicos comerciales. Se puede apreciar la senda en donde están detenidos los mulares.

te cuarzo acompañando a la hematita. Esta sección tiene una longitud de 17,10 m.

A partir de la concentración 2 la veta queda oculta por los detritos de la falda, los cuales, en ese lugar y por una longitud de 35 m imposibilita la observación. Siguen luego 50 m bastante cubiertos por los mismos detritos, no obstante lo cual, se nota en algunos reventones visibles, escarbando 0,50 m la cubierta, venas de epidoto con venillas de hematita hasta de 0,12 m.

Así se ha procedido para el cálculo de la superficie de afloramiento (ver planilla de cubaje).

De la misma manera se procedió con la  $C_2$ , pero allí la hematita es microcristalina y no hojosa-aglomerada de tipo especular como en la  $C_1$ , el cual presenta el tipo o variedad conocida como especularita. El máximo espesor de la  $C_2$  es de 3,50 m terminando hacia el NE, con sólo 0,50 m de vena rica en hematita; el total de la longitud es de 15,50 m. Se nota en esta concentración pequeñas venillas y cristales aglomerados en material de ganga, especialmente epidoto con muy escaso cuarzo y plagioclasa. En una muestra tuve oportunidad de reconocer macroscópicamente pequeñas asociaciones de cristales de granate y muy raros y esparcidos de calcita.

Entre ambos cuerpos, se prolonga una zona intermedia de 2,50 m de ancho, muy epidotizada, en donde sin embargo, existen venillas de hematita. Hay también bastan-



Algunos pequeños afloramientos de la veta aparecen en los 72 m siguientes, los cuales fueron puestos al descubierto cavando un poco los derrumbes de la falda, llegándose a tres manifestaciones de la veta mineralizada, compuestas por epidoto con escasas venillas de hematita, las cuales aparecen más gruesas a medida que profundizan, según la observación local de estos pequeños destapes.

En este lugar es notorio el cambio de rumbo general de la veta I, la que, desde el nordeste tuerce hacia el noroeste, habiéndose medido N-30°-W.

El total de la vena mineralizada tiene una corrida de 230 m aproximadamente, no habiéndose hallado aún por falta de labores de explora-



Fig. 5. — Tomada con rumbo N-25° E. Vista general de la Quebrada Agua Negra en la Mina San Martín, mostrándose los lugares marcados con cruces donde fueron hallados rodados de epidoto con hematita, fuera de la pendiente por donde se hallan normalmente los rodados de mineral proveniente de las vetas conocidas.

ción la prolongación de la veta en ese extremo NE, si es que existe por debajo del acarreo actual.

Según la información verbal del señor Borcosque, socio de la firma titular de la mina, aparecen aislados y semicubiertos nuevos afloramientos de mineral de hierro del mismo tipo de mineral de la mina San Martín, es decir de hematita especular, varios kilómetros al NE de la zona de la mina sobre la pendiente que baja a la quebrada Arrequeintín.

La ganga en estos afloramientos también está integrada por epidoto y poco cuarzo, en cajas de la misma roca volcánica, riodacita, como en la mina San Martín.

En la vecindad de esta última, recorriendo la pendiente que baja directamente a la quebrada Agua Negra, se hallaron rodados de hematita con epidoto de grano fino, a 50 m sobre el nivel de la quebrada y en una sección de pendiente alejada de la zona de derrumbamiento de las vetas conocidas (ver fig. 5), sin que hasta el momento se haya podido seguir

con nuevos hallazgos, de lo que al parecer sería la prolongación de las vetas superiores con un rumbo algo diferente, hacia N-NW.

El segundo afloramiento o veta II, tiene menor importancia por ser más delgado, apenas 2,50 m de espesor máximo y hállanse muy pocas asociaciones mineralizadas de hematita diseminadas en la ganga de epidoto. Probablemente constituye una ramificación lateral cercana en conexión vertical con la veta I, a muy poca profundidad; su corrida es también menor.

Se ha usado la denominación de vena, teniendo en cuenta la presencia de epidoto, típico mineral de vena y también por la distribución marcadamente bandeada entre la mena (hematita) y la ganga (epidoto y cuarzo), orientados paralelamente a las paredes.

Carece la veta de textura porfírica y no puede sospecharse su lenticularidad por cuanto ella es propia de rocas esquistosas. Podría adelgazarse o ensancharse en profundidad y hasta estrangularse, para volver a aparecer en forma de cuerpo irregular, debido con toda probabilidad al propio adelgazamiento o estrangulamiento de los espacios entre diaclasas y fracturas preminerales por donde ascendieron las soluciones ferrocálcicas que originaron la mena.

*Análisis químicos.* — Tratándose de un yacimiento conocido desde hace 25 años, son varios los análisis químicos efectuados en varias oportunidades y por distintos operadores.

Los análisis que mencionan Lannefords (5, 4) y Angelelli (2, 20) difieren fundamentalmente en cuanto se refiere al contenido de azufre, ya que Lannefords da para ese elemento un contenido de apenas 0,02 % en una muestra tomada en la concentración 2 y rastros para la hematita-especularita de la concentración 1; Angelelli, para el mineral de esas mismas concentraciones, indica respectivamente un porcentaje de 3,06 % y 3,21 % de azufre.

El análisis químico ofrecido por la firma titular de la mina, ejecutado por el laboratorio Hickethier y Bachmann en 1952, indica para el mineral de la concentración 1 un porcentaje de sesquióxido de hierro de 98,9 %, con un contenido de hierro metálico calculado en un 68,45 %, figurando los demás elementos como se consignan en la planilla comparativa siguiente.

Los análisis químicos de las muestras recogidas en esta ocasión, ejecutados en el Laboratorio Químico de la Dirección Nacional de Minería, se refieren especialmente al contenido de hierro metálico y a las impurezas especiales de azufre y fósforo que dejaban alguna duda, según vimos por los análisis de Lannefords y Angelelli, pero que posteriormente fué aclarada por los análisis de Hickethier y Bachmann y confirmada luego por los propios.

	Informe de Lanneborda 1929		Informe de Angelelli 1942		Hickethier y Bachmann 1952 C <sub>1</sub>	Presente información (1954)					
						C <sub>1</sub>			C <sub>2</sub>		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>		M-3	M-1	M-7	M-5	M-4	M-6
Hierro en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	61,24	65,71	64,42	63,39	68,45	57,65	59,62	51,38	66,45	66,22	47,04
Azufre en SO <sub>3</sub> .....	—	0,02	3,21	3,06	Vest.	0,27	0,20	0,18	0,22	0,21	0,23
Fósforo en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	Rastros	No cont.	Vest.	Vest.	0,0313	Vest.	Vest.	Vest.	Vest.	Vest.	Vest.
Silíce en SiO <sub>2</sub> .....	10,19	5,20	6,53	6,13	0,74	—	—	—	—	—	—
Titanio en TiO <sub>2</sub> .....	—	—	Vest.	Vest.	Vest.	—	—	—	—	—	—
MnO.....	Vest.	Vest.	Vest.	0,03	Vest.	—	—	—	—	—	—

Las cifras indican porcentajes en gr./100 gr.

El análisis de la 5ª columna indica además vestigios de alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), de CaO y de FeO, y una pérdida por calcinación de 0,07 %. El total de elementos registrados en ese análisis como vestigios, corresponde al 0,057 del total, siendo destacable que en ese análisis no fué hallada la presencia de cobre, plomo, zinc, plata, ni ningún otro metal pesado.



Las 6 muestras analizadas fueron tomadas según la descripción siguiente :

- M. 3 : Común de la concentración 1.
- M. 5 : Común de la concentración 2.
- M. 1 : Común de la concentración 1.
- M. 4 : Común de las venas menores correspondientes al desmembramiento de la concentración 2.
- M. 6 : Común de las guías menores de la concentración 2.
- M. 7 : Común de las 5 venas mineralizadas por debajo de la concentración 1 hacia el SW.

Como resultado de la comparación de todos los análisis se comprueba que el porcentaje de azufre no llega en ningún caso a las cifras prohibitivas citadas por Angelelli. En cuanto a los porcentajes de fósforo, sólo dió vestigios, muy por debajo del límite No Bessemer de 0,045 %.

*Cubicación del mineral a la vista.* — El mineral a la vista de alta ley se halla en las concentraciones 1 y 2. La recuperación de hematita de alta ley en los sectores restantes de los afloramientos de la veta puede no resultar económica, sobre todo, en los casos de venillas delgadas o zonas de guías con epidoto y hematita finamente diseminada. El valor de este mineral no soportaría los costos de concentración.

Teniendo en cuenta estas características y también por falta de labores de exploración, debemos por el momento circunscribirnos a efectuar el cubaje del mineral a la vista, en relación a 1 m y 30 m de profundidad. Siendo esta última cifra la que corresponde al desnivel topográfico, observable entre los extremos del afloramiento de la veta, se puede considerar como mineral a la vista, por lo menos gran parte de esa magnitud vertical.

Según los análisis químicos efectuados por el Departamento de Laboratorio Químico de la Dirección Nacional de Minería, de 6 muestras extraídas personalmente de la mina San Martín, se obtuvo los porcentajes de hierro metálico siguientes :

M 1 — 59,62 %	} Porcentaje promediado del común de las concentraciones . . . . .	60,98 %
M 3 — 57,65 %		
M 5 — 66,45 %		
M 4 — 62,22 %	} Porcentaje promediado del común de las venas menores . . . . .	53,54 %
M 6 — 47,04 %		
M 7 — 51,38 %		

Estos porcentajes indican un promedio de 57,39 % de hierro metálico para el común del mineral de los afloramientos.

A los efectos del cálculo del cubaje aproximado del mineral a la vista se tomó en cuenta las leyes promedios de los análisis de Lannefords-Angelelli (67,7 %), nuestro promedio (60,98 %) y el análisis de la firma titular de la mina (68,45 %).

Volumen por metro de profundidad C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>      Densidad      Toneladas bruto C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub>  
 91,63      x 5,2      =      476,476

Tonelaje bruto      Ley media s/ Lannefors-Angelilli      Tonelaje neto de Fe metálico  
 476,476 x 63,7      =      303,515 Ton.

Tonelaje bruto      Ley media s/ anal. propios      Tonelaje neto de Fe metálico  
 476,476 x 60,98      =      290,555 Ton.

Tonelaje bruto      Ley media s/ anal. Michelhier y Bachmann      Tonelaje neto de Fe metálico  
 476,476 x 68,45      =      326,077 Ton.

*Promedio de los tres resultados, según las leyes medias de contenido en Fe metálico:*

306,715 Ton. por metro de profundidad.

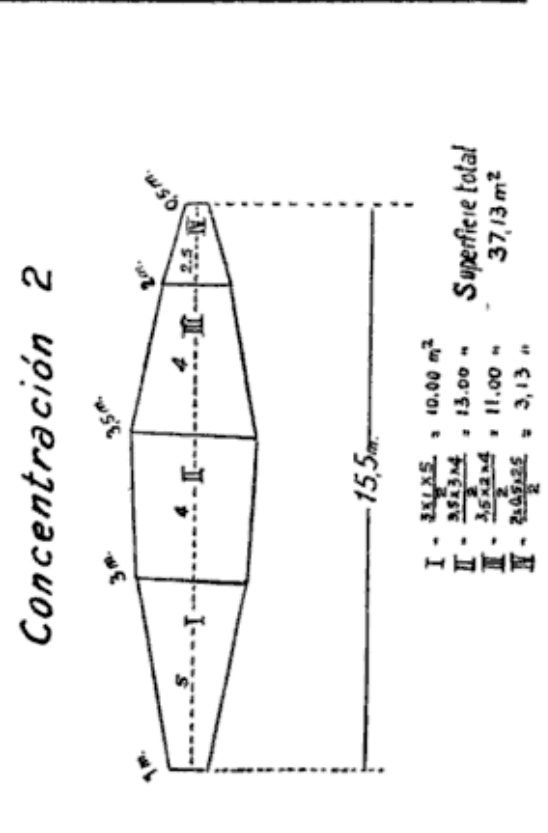
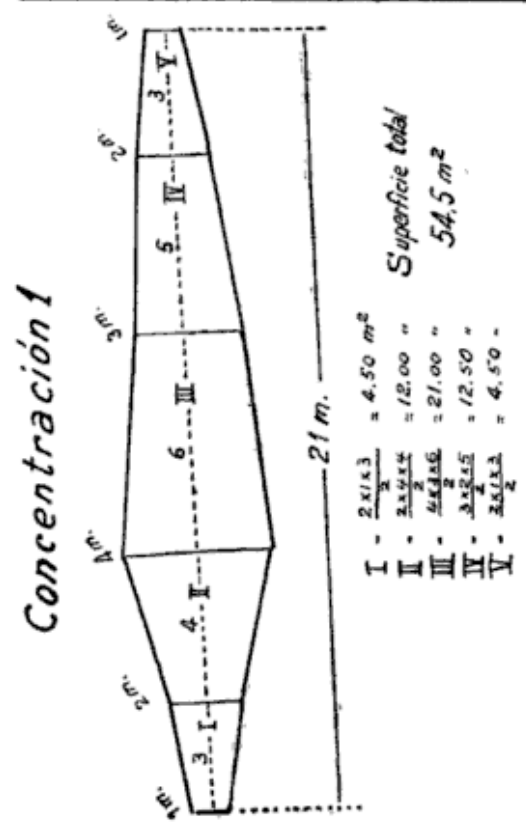


Figura 6

En la planilla de la figura 6, se indican los tonelajes netos de Fe metálico para las tres leyes de mineral mencionados y el promedio final de esos resultados arroja la cifra de 306 toneladas por metro de profundidad.

Para esos cálculos se tomó como densidad media la cifra de 5,2, correspondiente a hematitas puras o casi puras; nuestros ensayos de densidad arrojaron cifras menores, 4,91, pero, teniendo en cuenta que algunos autores, como Emmons y Taggart, dan cifras muy superiores, hemos elegido la más aceptable de 5,2 dada por E. S. Dana y que más se acerca a la nuestra.

*Las perforaciones de exploración.* — La exploración mediante perfora-



Fig. 7. — Tomada con rumbo N-40°-E. Vista de la fuerte pendiente (37°) por sobre el nivel topográfico de las vetas, el cual, se disminuye a 28° hacia la quebrada Agua Negra. (V<sub>1</sub> y V<sub>2</sub>, vetas con rumbos y buzamiento).

ciones constituye una etapa importante que complementará los estudios mineros y económicos del yacimiento. La programación de sondeos de exploración en la mina San Martín, se hizo teniendo en cuenta todos los inconvenientes que trae aparejado el empleo de una máquina Sullivan, con mesa inclinable. En principio, se consideró la perforación vertical como la más apropiada, si las características estructurales del yacimiento permitía su ejecución, por cuanto, además de asegurar técnicamente un buen funcionamiento, se podría llegar al límite efectivo de la capacidad perforante de la máquina. Como ya hemos visto, las características morfológicas de los afloramientos y especialmente la inclinación de las vetas buzando hacia el cuerpo del cerro (fig. 7), no permite la ubicación adecuada de una planchada para la máquina por detrás de la cresta espinada hacia la cumbre del cerro, alejándose por lo tanto del límite vertical de penetración útil. Otro inconveniente serio que se opone a la perforación vertical lo constituye el espesor de roca

estéril a perforarse, cada vez mayor a medida que se sube la pendiente, y que sería necesario atravesar antes de alcanzar las vetas, explorando éstas a suficiente profundidad y dentro de la capacidad útil de la máquina.

La máquina Sullivan, disponible para esos trabajos, tiene una capacidad perforante de 250 m, pero en realidad los ensayos hechos hasta ahora con esa máquina no han pasado de 60-80 m, así que la experimentación a mayor penetración será útil para conocer su capacidad y comportamiento. Otro problema que debe tenerse en cuenta es el que crea la falta de reservas de material, adecuados para este trabajo: faltan coronas de diamante, y son escasas las de widia y a munición.

La exploración con sondeos de beneficio, es decir, siguiendo la inclinación de la veta, perforando en alguna de las dos concentraciones de mineral de hierro, pudo representar una adecuada y lógica solución, si no se tropezara con la falta de coronas de diamante, indispensables para perforar en minerales de gran dureza.

Técnicamente se hallarían además otros inconvenientes insalvables si se hallaran en el curso de los trabajos irregularidades en el espesor y estructura de la veta bajo exploración. En estos casos, se recurre a desviadores especiales, pero que no deben emplearse sino eventualmente, ya que ocasiona fricciones que provocan desgastes desiguales, disminuyendo la normal capacidad perforante de la máquina y pueden hasta anular la perforación. Además debe prevenirse la eventualidad del enderezamiento de las vetas en profundidad, con lo cual éstas quedarían por delante del sondeo y éste no llegaría a localizarlas.

Los sondeos de beneficio con máquina Sullivan deben, por lo tanto, descartarse. Queda, en consecuencia, por considerar la posibilidad de efectuar sondeos inclinados.

En el proyecto preliminar de la figura 8 se muestra cómo podrán ubicarse los sondeos. Los mismos se hallan frente a las vetas ubicados perpendicularmente al rumbo individual que corresponda a la veta en exploración, topográficamente por debajo de ésta y en un sitio en que la pendiente sea menos abrupta, cerca de  $36^\circ$ , y a una altura de 90 m ó 100 m sobre el nivel 0 correspondiente al piso de la quebrada.

Cualquiera de estas dos ubicaciones ofrece la ventaja de la menor penetración en metros para la exploración de igual profundidad en veta.

En el diagrama se ha calculado con inclinación variable, el total de metros a perforar y la profundidad de veta a explorar, variación susceptible de cambiar fundamentalmente con sólo variar en  $5^\circ$  la inclinación de la mesa rotativa.

Como más expeditiva resulta la ubicación n° 1, con  $60^\circ$  de inclinación en la mesa, alcanzando a la veta a 94 m de profundidad, probablemente

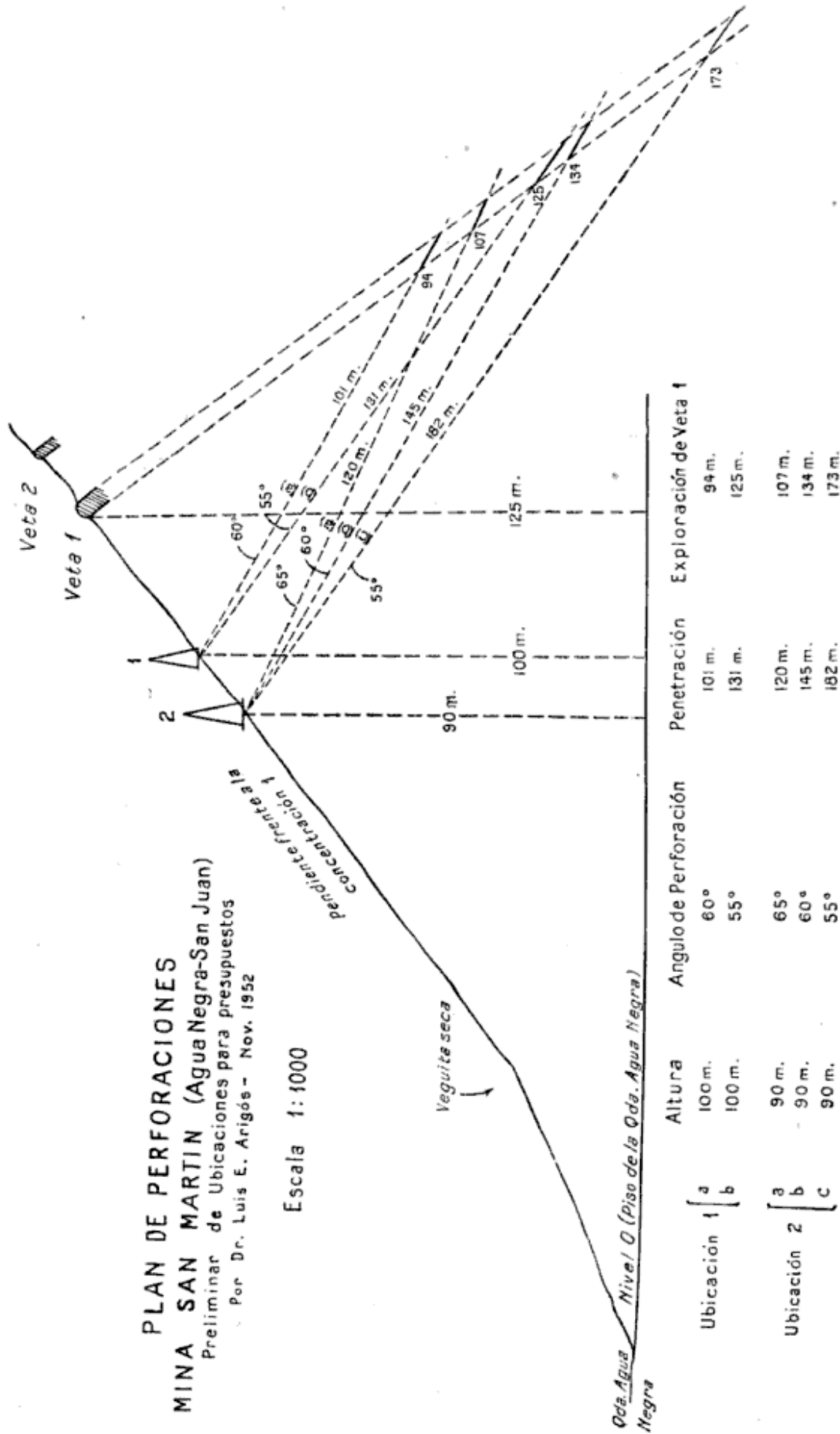


Figura 8



menor si resulta real el enderezamiento de la veta, y con un gasto de 101 m de penetración.

Claro está que estos cálculos están basados sobre la suposición de que se mantienen constantes las condiciones estructurales, tal como aparecen visibles en superficie, es decir, rumbo, buzamiento, espesores, etc. Es de sugestiva consideración la circunstancia de que en el rumbo de las vetas se producen inflexiones horizontales acentuadas, las cuales responden casi exclusivamente al relleno de grietas y diaclasas de rumbo dominante y que se corresponden con las observables en la superficie de la roca portadora. Siendo así, no resulta imposible que se asista al enderezamiento de las vetas en profundidad, más o menos a los 100 m y quizá ensancharse en forma de cuerpo irregular, si por la génesis del yacimiento se está en presencia de una combinación de relleno de grietas en superficie y de contacto en profundidad.

Para una penetración de 100 m, utilizando trépanos a munición en los primeros tramos sobre roca estéril y luego coronas de widia (acero al tungsteno), podrán emplearse a razón de una unidad por cada metro y medio de perforación. Los diámetros comunes de 80 mm a 100 mm para los trépanos a munición son adecuados para comenzar la perforación, prosiguiéndose después con los diámetros menores de coronas de widia en escala descendente, de 76-67-57 mm o quizá empleando desde los tramos muy resistentes a la penetración diámetros menores, de 46 mm y 36 mm. Estos últimos diámetros son los adecuados para atravesar las vetas de hematita, precisamente en la zona de mayor esfuerzo y más alejada en la penetración. El ángulo de incidencia en la penetración de la veta, resultará quizá algo exagerado, pero dependerá finalmente de la posición de la veta y del desarrollo de la mena en profundidad, según ya hemos visto.

La provisión de agua para la perforadora puede conseguirse embalsando y derivando mediante un corto canal o tendiendo una cañería desde la vecina torrentera de deshielo que baja a la quebrada un poco al NE de las vetas (ver fig. 2), hasta la pileta o tanque con capacidad para 3.000 ó 5.000 litros a ubicarse por sobre la planchada de la perforadora.

Esta cantidad de agua resultará conveniente para la Sullivan, la cual trabaja con 1.000 litros en condiciones normales, pero, por el diaclasamiento observado en la riodacita tal vez será necesario contar con mayor volumen de agua disponible.

La torrentera forma en la base una veguita, de manera que se supone lleva agua permanentemente. En caso contrario deberá bombearse hasta las piletas de la perforadora desde una captación a realizar en la corriente subálvea de El Arenal.

La duración total de un sondeo a 100 m con coronas de widia, se calcula entre 45 y 50 días hábiles, en condiciones normales de perforación.

### CATEO LEONCITO

*Reconocimiento Geológico-minero.* — En ocasión del viaje realizado a la mina San Martín, se efectuó un rápido reconocimiento a la zona del Cateo Leoncito.

Esta región se halla situada sobre el borde oriental de las últimas estribaciones de la sierra de Olivares, en las cercanías de la salida de la Quebrada Leoncito hacia los Llanos de Tocota. Este primer reconocimiento abarca una superficie de 164 km<sup>2</sup>, extendiéndose desde 2 km al sur del arroyo Leoncito, hasta el arroyo Tocota por el norte, y de oeste a este encerrando una faja de aproximadamente 12 km de ancho, incluyendo parte de los Llanos de Leoncito o Pampa de la Patria.

Ya en 1938, Angelelli (1, 33) menciona la región de Leoncito como una zona cuprífera de alguna importancia. Para una mejor orientación de la región mineralizada que se trata, se incluye el bosquejo geológico-minero publicado por el citado autor, con el agregado de la ubicación aproximada de los filones con mineral de hierro (fig. 9).

En la breve visita realizada a este lugar pude comprobar que los filones de cuarzo fuertemente turmalinizados, de color casi negro (1, 34), son portadores, muchos de ellos, de ricas venas de hematita magnetífera, particularmente importantes.

La roca regional portadora de la mineralización ferrífera es una granodiorita, compuesta macroscópicamente de ortosa, plagioclasa, mica, cuarzo y hornblenda. Regionalmente esta roca presenta diferenciaciones magmáticas, formando masas aisladas o bien filones muy ricos en ortosa. Otras veces y sobre todo hacia el norte, van tornándose más claras y a veces, imperceptiblemente, más oscuras debido a aumentos en las proporciones de hornblenda y biotita. Finalmente, los citados filones de cuarzo con hematita-magnetita, aparecen sobre todo hacia el oriente y norte del arroyo Leoncito. El rumbo general de estos filones es de E a W, variando particularmente sus magnitudes, entre N 62° W a N 78° W, con inclinaciones fuertes, a menudo subverticales.

Los filones ricos en hematita magnetífera se presentan especialmente en sucesión casi paralela, aflorando en las colinas bajas, formando crestas en las lomas por su mayor resistencia en la erosión que la roca de caja, distinguibles además por la característica coloración negruzca y brillante otorgada por la pátina de oxidación que cubre el mineral.

Se revisaron varios de estos filones al norte de la quebrada Leoncito, todos con fuerte mineralización hematítica, habiéndose encontrado algunos filones de 4 a 6 m de espesor, con venas de hematita casi pura de 50 a 80 cm de potencia (fig. 10) y a lo largo de más de 100 m de corrida,

Según V. Angelelli.-1938

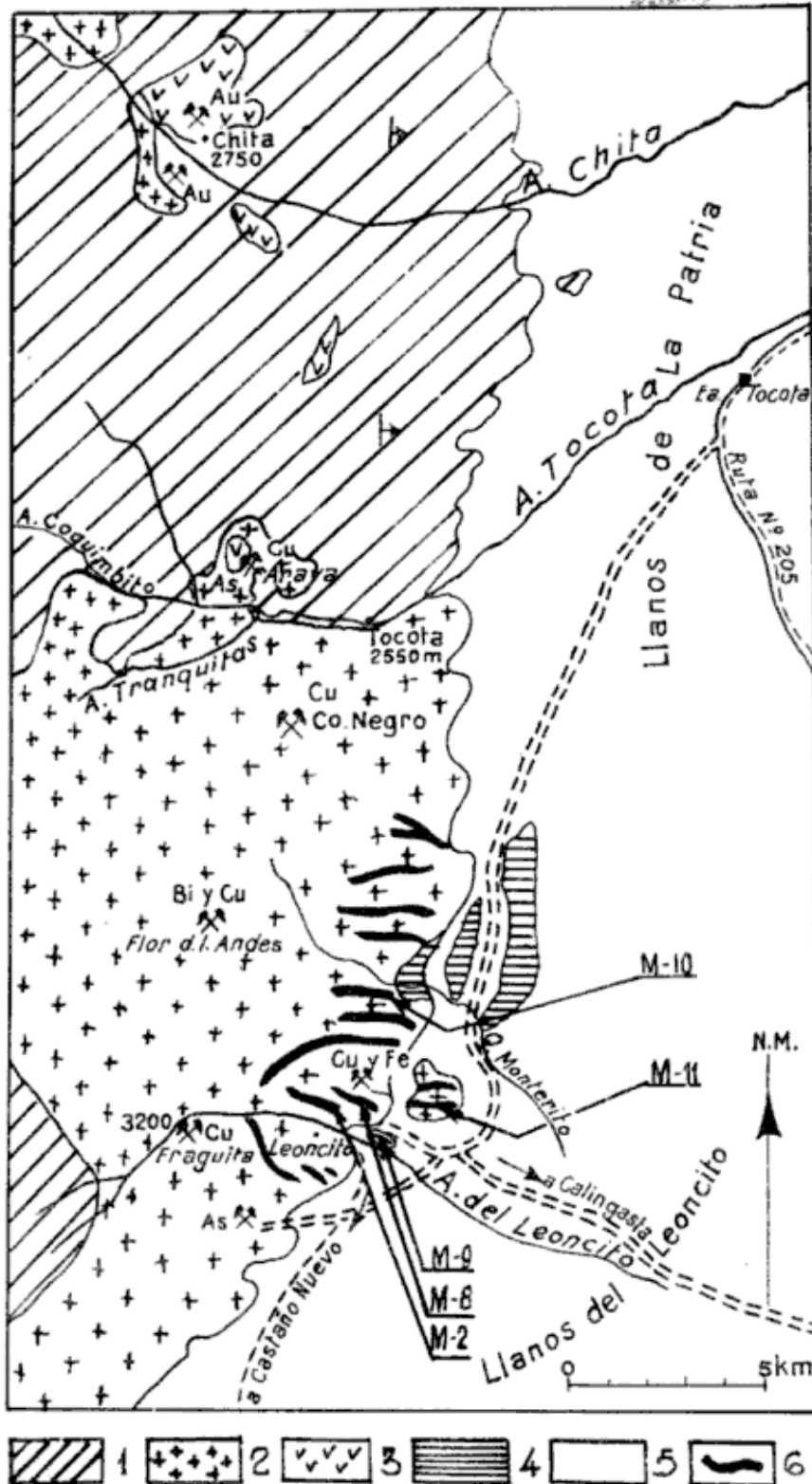


Fig. 9. — 1. Paleozoico : Cuarzitas y Pizarras; 2, Mesozoico : Dioritas cuarzíferas y granodioritas; 3, Terciario : Andesitas y Dacitas; 4, Terciario : Estratos Calchaquíes; 5, Cuartario : Acarreo; 6, Filones ferríferos.

variando, claro está, en forma irregular pero no muy acentuada, tanto en la potencia de los filones como en su riqueza en hierro.

Estos filones son más numerosos y mejor desarrollados en el tramo que corre meridionalmente entre arroyo Leoncito y arroyo Morterito. Los más extensos llegan casi al borde de las lomadas, donde la granodiorita se halla cubierta por los depósitos de pie de monte aterrizados y nivelados por la erosión actual, los cuales integran la extensa llanura levemente inclinada al este de la Pampa de Tocota y Llanos de Leoncito. Esta concentración de filones ocupa un área aproximada de 3 Km de ancho por 5 Km de largo en sentido norte-sur.



Fig. 10. — Tomada con rumbo N-50°-E. Vista de uno de los filones básicos ricos en hematitas magnetíferas en la zona de Leoncito. Estas soluciones residuales forman filones con mineral de hierro en cajas de granodioritas; (a), lugar donde fué tomada la muestra de mineral enriquecido. El espesor de 6 m corresponde a unos de los filones más conspicuos.

Falta recorrer todavía toda el área de afloramiento de la granodiorita que, como se ve en la figura 5, abarca una extensión de alrededor de 200 km<sup>2</sup>, extendida al norte y oeste de Leoncito.

Sobre la edad de la intrusión granodiorítica parece existir tendencia a ubicarla en el Mesozoico Superior; intrusiona regionalmente a los sedimentos del Paleozoico Superior y a su vez se halla atravesada por diques de dacita y andesita de edad terciaria, como ocurre en Morterito, citado por Angelelli (1, 37), y también en los afloramientos de los arroyos Tranquitas y Coquimbito.

La mineralización en los filones corresponde al tipo de diferenciación magmática, habiendo sido el magma diorítico, al parecer, muy rico en elementos volátiles, como el boro y el flúor, hallándose el primero como componente de la turmalina, la cual, según Angelelli, acompaña a los minerales de bismuto, cobre y arsénico, en los yacimientos conocidos de la región de Tocota, mientras que el segundo forma venas de fluorita en



ganga de cuarzo con limonita, calcita y alúmina en escasas proporciones y como ganga en vetas de plomo.

Existen además algunas áreas de diferenciación pegmatítica cuyos feldespatos han sufrido una fuerte sericitización, evidenciando con esa alteración y su intensidad, una indicación del probable origen hipógeo de las soluciones portadoras de los minerales de hierro (ver fig. 11).

Una de estas pegmatitas se halla un par de kilómetros al sudoeste del arroyo Leoncito, cerca de la zona de contacto de la granodiorita con las pizarras y cuarcitas paleozoicas.



Fig. 11. — Tomada a 12 km al oeste de la mina. Afloramiento de sericita (y arcillas caolínicas limonitizadas en superficie), en un frente de 203 m de extensión. Al fondo el Portezuelo Agua Negra, en el límite con Chile.

La región que se acaba de describir rápidamente presenta un extraordinario interés minero, relacionado en la presente circunstancia por la necesidad de conocer prácticamente las reservas de mineral de hierro, favorablemente situados desde los puntos de vista de la extracción y del transporte.

*Análisis químicos.* — Procedente de dos fuentes de información distintas consideraremos los análisis efectuados por el laboratorio Hickethier y Bachmann en 1952 y por los Laboratorios de la Dirección Nacional de Minería en 1953; estos últimos sobre muestras tomadas por el autor. Los mismos se complementan en cuanto a los porcentajes de impurezas, ya que los análisis oficiales fueron realizados para establecer los contenidos de hierro metálico, azufre y fósforo.

Las muestras fueron tomadas en 5 filónes diferentes indicados en la figura 9, en escala exagerada, con el detalle siguiente :

M. 2 : Seleccionada ; tomada del primer filón básico, junto a la Quebrada Leoncito, al oeste del portezuelo.



- M. 8 : Común ; tomada del segundo filón hacia el N, también al oeste del portezuelo.
- M. 9 : Común ; tomada del filón básico del cerrito aislado, situado a la izquierda de la huella, antes del portezuelo, yendo hacia el oeste.
- M. 10 : Común ; tomada del filón básico algo pobre ; quinto filón hacia el norte y oeste del portezuelo.
- M. 11 : Seleccionada del filón más oriental, frente a la huella de acceso, antes de que ésta doble hacia el portezuelo.

Según puede verse en el cuadro siguiente, los resultados de los análisis químicos proporcionan índices comparativamente semejantes en cuanto a las impurezas especiales de fósforo y azufre, a los propios del mineral de la mina San Martín.

	M-2	M-8	M-9	M-10	M-11
Fósforo (P) en $P_2O_5$ .....	0,01	0,02	Vest.	0,01	0,01
Azufre (S) en $SO_3$ .....	0,17	0,20	0,19	0,18	0,18
Hierro metálico en $Fe_2O_3$ ...	66,34	27,97	50,30	38,16	60,70

El análisis de Hickethier y Bachmann indica para una muestra extraída del mismo filón que nuestra M-9, el siguiente resultado :

$SiO_2$	=	5,04 %	=	gr./100 gr.
$Fe_2O_3$	=	94,78 »	=	»
$TiO_2$	=	No cont.		
$MnO$	=	0,41 %	=	»

El porcentaje en Fe está dado en el óxido correspondiente, indicándose que corresponde en su mayor parte a magnetita.

Comparando este resultado con los anteriores se deduce que la ganga en  $SiO_2$  aumentará en la misma proporción que disminuye el  $Fe_2O_3$  (óxido de Fe).

La proporción indicada para el contenido de hierro metálico puede variar según la pureza del filón, pero no obstante haber hallado algunos filones menos enriquecidos los resultados obtenidos son promisorios.

La ganga, sílice y volátiles, no provocan ningún efecto nocivo ni dificultan el tratamiento seguido por el procedimiento Reen-Krupp.

Estas primeras consideraciones servirán de guía para las futuras exploraciones, ya que las manifestaciones ferríferas de Leoncito pueden proporcionar yacimientos explotables que sirvan de base para determinar el valor económico de la industrialización local de una fase de la metalurgia del hierro.

## CONCLUSIONES

1ª Existe en la región de Agua Negra, a 110 km al oeste de Jachal, afloramientos de venas de hematita de alto contenido en hierro metálico, entre 57,39 % y 68,45 %, cuyo cubaje aproximado sin labores de explotación, se indica como de 306 t/metro de profundidad, según la densidad promedio de 5,2; esta cifra de cubicación se refiere exclusivamente al mineral de las dos concentraciones de la veta I.

Este tonelaje alcanzaría a 10.000 toneladas aproximadamente de mineral a la vista.

Como en la corrida de 230 m de la veta existe un desnivel topográfico de 30 m, se tiene ya el primer indicio del mineral a la vista y también de la persistencia del mismo en profundidad.

2ª En la zona de Leoncito, a 135 km al sudoeste de Jachal y 46 al sur de Agua Negra, existen otras manifestaciones de mineral de hierro (hematita magnetífera), genéticamente distintas, ya que se trata de depósitos de segregación magmática, los cuales aparecen en filones básicos contenidos en granodiorita. Estos filones son portadores de hematita magnetífera en diferentes grados de enriquecimiento, que afloran en corridas interrumpidas cada una por varias decenas de metros (hasta 120 m), y espesores que varían entre 6 y 2,80 m (espesamiento de la mena metalífera que constituye el filón). Esta extensa región aún no ha sido explorada en su totalidad, por cuanto recientemente se han hecho los descubrimientos del mineral de hierro.

3ª Ambas zonas mineralizadas pueden constituir el fundamento para llegar a la producción local de arrabio por medio del método « *Reenverfahren* » o « método de la corrida », en hornos giratorios de moderna aplicación y en gran escala, como complemento de la metalurgia del hierro y del acero.

La exploración minera intensiva de los yacimientos conocidos y los probables, así como la cubicación del mineral económicamente aprovechable, debe constituir el primer paso a seguir para asegurar la explotación y el empleo industrial de los dos minerales fundamentales existentes en la provincia de San Juan, hierro y carbón, con vistas a su aprovechamiento metalúrgico.

Los ensayos en escala comercial hechos en Alemania con los minerales sanjuaninos, han sido considerados como satisfactorios y de buen rendimiento económico.

4ª La prospección geológico-minera de la región mineralizada debe encararse bajo dos fases: en primera, exploración geológica de toda la región de influencia de las rocas intrusivas granodioríticas y a ellas

asociadas, la cual abarca una faja de 20 km de ancho por 90 km de largo, aproximadamente (fig. 1), conocimiento fundamental del carácter de la intrusión, de las diferenciaciones magmáticas, del metamorfismo de contacto y las relaciones entre estas rocas con las rocas efusivas terciarias (dacitas y andesitas) y sedimentarias del Paleozoico. En segundo lugar, relevamientos geológico-mineros detallados en escalas adecuadas de las áreas que presentan favorables perspectivas económicas por su mineralización. En esta forma, al mismo tiempo que se investiga la mineralización regional del hierro, se profundiza el conocimiento geológico-minero y económico de esta importante región minera.

Por el momento, la exploración propuesta mediante sondeos en la mina San Martín y la prospección geológica y geofísica en la zona del Cateo Leoncito, permitirá conocer la importancia de estos dos yacimientos, mediante la estadística de los filones con hematita-magnetita, profundidad de la mineralización y muestreo conveniente y otros estudios, con vistas a determinar su génesis y efectuar la cubicación de mineral de hierro.

Con respecto a la aplicabilidad de la prospección magnetométrica no existe inconveniente de índole técnica, por cuanto la mineralización ferrífera de los filones constituye un elemento de excelente sensibilidad magnética con respecto a la roca encajante.

Relacionado con la granodiorita y diorita cuarcífera que intrusan sedimentos paleozoicos, no debe descartarse el hallazgo de yacimiento de contacto en las fajas marginales de intrusión, aunque para hierro la ausencia de calizas, por lo menos no han sido determinadas todavía, constituye un antecedente negativo. Las conocidas pizarras y cuarcitas del Paleozoico, menos susceptibles de reemplazo por venas metalíferas, albergan, en cambio, filones capa, venas y bolsones de cuarzo con pirita aurífera, con wolframita y con fluorita.

Se infiere una acción importante del metamorfismo de contacto, pero también son importantes las áreas de diferenciación magmática y filoniana, y hasta en las de alteración, especialmente en los feldespatos de las pegmatitas.

5ª Se aconseja ejecutar perforaciones explorativas con máquina Sullivan, de mesa inclinable, para sondeos hasta 250 m de capacidad nominal, en los afloramientos de las concentraciones 1 y 2 de la mina San Martín. En la figura 8 se observan las dos ubicaciones propuestas, las cuales, en varias posiciones condicionan su elección al mejor y más económico empleo de las coronas, profundidad a explorar, penetración de la máquina, ángulo de incidencia en la veta, etc. Para ello será necesario primero efectuar suficientes destapes a lo largo de la corrida de la veta I y en los alrededores de fajas epidotizadas, para observar la

verdadera envergadura de las vetas en Agua Negra, antes de realizar la primera perforación.

Como más conveniente se ha elegido la ubicación 1-a de la figura 8, frente a la concentración 1. Con posterioridad y siempre que se llegue a resultados promisorios en el primer sondeo, podrán efectuarse otras perforaciones frente a la concentración 2 y entre ambas concentraciones.

No se descarta asimismo la probabilidad de ejecutar la exploración mediante chiflones de beneficio, si las operaciones técnicas con la máquina Sullivan sufrieran inconvenientes en repuestos, coronas, etc.

6ª Genéticamente se trata de un yacimiento del tipo termal bajo condiciones de temperatura y presión, entre moderada y alta, por lo menos en la condición del epidoto que se forma en la primera de ellas; la escasa proporción de elementos livianos en la ganga induce a creer que las soluciones de tipo residual del magma granodiorítico en facies efusivas (riodacita), fueron predominantemente ferrocálcicas y ascendieron por grietas y diaclasas de probable origen tectónico o preexistentes por contracción, al producirse el rápido enfriamiento de la riodacita.

Con anterioridad a la deposición de la hematita, o sin solución de continuidad, se produjo la ascensión de las soluciones silicatadas ferrocálcicas, efectuándose la selectividad en la deposición del epidoto y la hematita a medida que aumentaba el enfriamiento y disminuía la presión hacia la superficie, procesos acentuados por la pérdida de agua y los gases que pudo contener como agentes mineralizadores (boro, cloro, y por último el flúor).

La presencia de epidoto, principal mineral que se forma en los procesos intrusivos, indica el probable origen hipotermal de las soluciones, habiéndose formado este silicato ferrocálcico, presumiblemente, por la absorción de CaO y CO<sub>2</sub>, cedido por el feldespato calcosódico parcialmente alterado por las soluciones, o sino por calizas. Al parecer, el principal aporte pudo provenir de los feldespatos alterados antes bien que de las calizas, pues no se conocen afloramientos de estas rocas en las inmediaciones y sí, en cambio, de afloramientos de sericita a pocos kilómetros al oeste de la mina, evidenciando con ello, la contigüidad de un intenso fenómeno de sericitización en los feldespatos de la roca portadora.

La presencia de esta alteración y su intensidad en la roca mencionada, constituye una indicación más de la naturaleza hipógea, en zona termal profunda, de la mineralización ferrífera de la mina San Martín.

Las áreas muy epidotizadas parecen corresponder a zonas brechosas más pronunciadas y accesibles a la penetración de las soluciones ferrocálcicas.

Generalmente en este tipo de yacimiento se producen ensanchamientos irregulares a medida que se avanza en profundidad, debido princi-

palmente al impedimento que representa la poca fluidalidad de este tipo de soluciones, ascendiendo entre fisuras y diaclasas. Al aumentar los rozamientos moleculares se conservan, en niveles relativamente cercanos a la superficie, las condiciones de temperatura y presión que deberían corresponder a zonas más profundas. En la veta I, la superficie actual del afloramiento de las venas menores indica, aproximadamente, el nivel de diferenciación entre epidoto y hematita.

La investigación de la génesis del yacimiento podrá ampliarse cuando se haya estudiado suficientemente toda la región, mientras tanto, la información de estos datos y su interpretación servirá de guía para los futuros estudios.

**Abstract.** — High-grade (Fe 63 %) iron ores are known since 1926 to exist in the eastern foothills of the Andean Cordillera, Dpto. Iglesia, San Juan Province. Due to transportation difficulties no attempt has been made so far to work the deposits. In this paper a geologic study of the hematite-magnetite deposits is presented, and the reserves are estimated. In the Leoncito area veins are related to basic dikes in granodiorite country rock. The San Martín (Agua Negra) deposits are specularite veins in rhyodacite lavas. Geophysical and detailed geologic studies are projected. The possibility of using the ore in conjunction of low-grade coal from the same area to obtain cast-iron (Recen-Verfahren method) is discussed.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

1. ANGELELLI, V. *Algunos yacimientos metalíferos en la provincia de San Juan*. Bol. N° 46, Dir. de Minas y Geol., Buenos Aires, 1938.
2. — *Informe sobre los yacimientos de azufre y alumbre del Cerro El Jahuélito, de hierro de la Qda. Agua Negra y de cobre del Antecristo, Depto. Iglesia, prov. de San Juan*. Informe inédito de la Dir. de Minas y Geol., Buenos Aires, 1942.
3. — *Recursos minerales de la República Argentina. I. Yacimientos metalíferos*. Rev. del Inst. Nac. de Invest. de las Ciencias Naturales, Buenos Aires, 1950.
4. BORCOSQUE SCHAR, J. *Necesidad de la ruta caminera del « Agua Negra », su practicabilidad y ventajas*. En Segundo Congreso Industrial Minero Argentino, Buenos Aires, 1944.
5. LANNEFORDS, N. A. *El yacimiento de hierro cerca de « Ojo de Agua » en la quebrada Agua Negra (Dpto. de Iglesia, prov. de San Juan)*. Public. N° 61, Dir. Gen. de Min., Geol. e Hidrol., Buenos Aires, 1929.