

El yacimiento hematítico - chertingi-
no de las sierras de Capla y de las
Capillas, Dpto Capital. Teyinj
Victorio Angelelli

DIRECCION DE MINAS Y GEOLOGIA

EL YACIMIENTO HEMATITICO-THURINGITICO

DE LAS SIERRAS

DE ZAPLA Y DE LAS CAPILLAS

Depto. de la Capital

Prov. de JUJUY

por

VICTORIO ANGELELLI

*48 págs
15 laminas*

BUENOS AIRES

1941

EL YACIMIENTO HEMATITICO-THURINGITICO
DE LAS SIERRAS DE ZAPLA Y DE LAS CAPILLAS

Depto. de la Capital-Prov.de Jujuy

Reúne el presente informe minero los resultados de las observaciones de campaña y de los trabajos de laboratorio y de gabinete correspondientes a tres visitas de inspección.

La primera, realizada en el mes de junio de 1940, tuvo por objeto el estudio de las características del depósito comprendido entre el arroyo de los Tomates y el de los Pantanillos, en la zona comprendida por el primer cateo de minerales de hierro en la sierra de Zapla. Las conclusiones fueron expuestas en el informe inédito El yacimiento de hematita sedimentaria de la sierra de Zapla, Departamento de la Capital, provincia de Jujuy (Dirección de Minas y Geología, Buenos Aires, 1940).

Atendiendo a previsiones que hice presentes a los señores Capra y Senes sobre la posibilidad de una prolongación del banco ferrífero hacia el norte y sobre la necesidad de una exploración en tal sentido, el reconocimiento de la región mineralizada fué ampliado unos veinte kilómetros.

Ya en posesión de noticias acerca de tal examen y de muestras de los minerales, la Dirección de Minas y Geología de la Nación autoriza al autor de este trabajo para la realización de un segundo viaje, destinado a verificar la mineralización y demás caracteres del banco, desde el arroyo de la Hondura hasta la sierra de las Capillas, trecho cubierto ya en esas circunstancias por tres nuevos cateos. A dicho estudio, que tuvo lugar en el mes de agosto del corriente año, debe agregarse un tercero, llevado a cabo en octubre, cuya finalidad consistió en ampliar y completar algunos de los datos recogidos en los viajes anteriores. En estos estudios de campaña he contado con la colaboración del Ayudante señor Enrique Stegman.

/////

Por la amplitud de la región, por el escaso tiempo de que se pudo disponer en cada inspección, por la falta de labores de reconocimiento y hasta de limpieza en los afloramientos y aun por la exuberancia de la vegetación que cubre las serranías e imposibilita la observación detallada, este informe no puede ser terminante en todas sus facetas ni aun en su aspecto general, pero ^abase del estudio de afloramientos, proporcionados casi siempre por cortes en los arroyos, trata en lo posible de abarcar todo lo referente a las características externas del banco ferrífero, su mineralización, leyes medias de los comunes (en los sitios de muestreo), posición geológica y genética del yacimiento y también una estimación de la cantidad de "mineral probable" que existiría, principalmente, en la sierra de Zapla, la zona mejor revisada.

Interesante por su magnitud y posible importancia económica en el desarrollo de nuestra necesitada industria siderúrgica, esta acumulación reviste también interés desde el punto de vista genético por el ser el primer yacimiento hematítico-thuringítico del país cuyo estudio ha encarado la Dirección de Minas y Geología.

Es probable que el mineral de hierro de que se va a hablar haya sido reconocido como tal en épocas pasadas; se nos ha asegurado que fué clasificado en nuestra Dirección hace alrededor ^{de} unos veinte años, pero que, debido a su naturaleza y a las dificultades que presenta su beneficiación, cayó en el olvido. Como punto de partida referente a la fecha de su descubrimiento se debe considerar el año 1939, durante el cual se establece la presencia de mineral de hierro en la sierra de Zapla y, acto seguido, se solicita el primer cateo a nombre de los señores ^{S.} Capra y A. Senes.

En realidad, y siguiendo indicaciones antiguas, lo que se buscaba en dicha sierra era un mineral de plata, pero en el mes de marzo de 1939 los mineros Angel Cándorle y Máximo Palazzi lle-

//////////

varon a Jujuy las primeras muestras de mineral de hierro y exploraron posteriormente la zona que se extiende entre el arroyo de los Tomates y el de los Pantanillos.

Más tarde, el primero de los mineros nombrados, en colaboración con el señor Domingo Zarra, verifica en repetidas excursiones, la presencia del banco desde el norte del arroyo Pantanillo hasta cerca del cerro Labrado, distancia que es cubierta por tres cateos.

En agosto de 1941 había cuatro cateos, a saber, de sur a norte: 275-C-1940, 85-Z-1941, 285-C-1941 y 86-Z-1941, en los que se comprobaron las manifestaciones de hierro.

Con fecha 10 de septiembre de 1941, el gobierno de Jujuy establece por decreto una zona de reserva de minerales de hierro delimitada así: "la margen izquierda del río Grande y su continuación en el río San Francisco hasta la desembocadura en el río Ledesma, remontando el curso de este último por su margen derecha, continuando en igual forma por sus afluentes los ríos Candelaria y Catres con el Caulario sobre el límite del departamento de la Capital, siguiendo luego la línea de reserva por dicho límite hasta encontrar de nuevo la margen izquierda del río Grande, frente a la desembocadura del río León".

Pero antes de entrar en vigencia este decreto gubernativo, se presentan nuevas solicitudes de cateos, con lo que ha quedado cubierta prácticamente toda la región portadora de mineral de hierro de las sierras de Zapla y de las Capillas (V.Lám.II).

De fecha más reciente, pero fuera de la zona de reserva, son los cateos pedidos en San Juancito, San Rafael y Las Cañadas hasta Puesto Viejo, donde hay mineral de hierro perteneciente quizás a la prolongación sur de la corrida Capillas-Zapla.

////////////////////

I

Posición geográfica y recursos de la región.

El yacimiento de que se trata queda situado al este de la ciudad de Jujuy, en las sierras subandinas de Zapla y de las Capillas, y la parte a que nos referimos en este estudio se extiende desde el abra de los Tomates, por el sur, hasta más allá del arroyo de los Matos, por el norte, en un recorrido de 24 kilómetros.

El banco u horizonte ferrífero principal se extiende por la pendiente occidental de la sierra de Zapla, pasando su fracción más septentrional a la de las Capillas, en su falda oriental, cuya parte alta presenta a su vez un segundo horizonte.

La sierra de Zapla, de rumbo aproximado norte-sur, constituye una unidad geográfica con algunas pequeñas elevaciones en su pendiente occidental, orientadas de NNO a SSE, separadas de su núcleo central algo escarpado, por valles longitudinales. Sus alturas máximas, de 2331, 2156 y 1907 metros sobre el nivel del mar, son los cerros Centinela, Zapla y Tomates, respectivamente. Al norte del Centinela la altura de dicha sierra disminuye gradualmente hasta los 900 metros en las zonas de Piquillinal y El Aibal. Tiene una longitud aproximada de 40 kilómetros y unos 15 de ancho (Lám. IX,1).

La sierra de las Capillas es más ancha y de mayor elevación; comprende varios cerros y lomas, entre los que se destacan el conocido cerro Labrado que, aunque de 2513 metros, no marca el punto más alto de esta parte de la sierra. Surcan este conjunto orográfico diversas quebradas, algunas muy profundas, que encauzan las aguas de varios arroyos.

Al sur de ella y separada por el río homónimo, los mismo que al oeste de la de Zapla, se levanta una serie de cerros y lomadas que cubren el área comprendida hasta el río Grande y cuyas alturas no sobrepasan los 1.600 metros.

////////

Relativamente corta es la distancia que media entre la ciudad de Jujuy y cualquier punto del yacimiento; del extremo sur la separan treinta kilómetros hacia el SE y del norte 43 kilómetros hacia el NE.

Tres caminos carreteros conducen al yacimiento e a sus cercanías inmediatas; dos van al sur (abra de los Tomates y arroyo de la Hondura) y uno al norte (río de las Capillas) (Lám.I.).

El abra de los Tomates puede llegarse así: en auto, 24 kilómetros (siguiendo la ruta 56, es decir, la de Jujuy a San Pedro) y 6 kilómetros a mula a partir del puente sobre el arroyo Pacará. Al afloramiento del arroyo de la Hondura puede irse en auto por la ruta 56 hasta el Km 17 y de allí 9 kilómetros a través de la finca "El Brate", del señor P. Tramontini, por el camino del obraje que costea el arroyo mencionado. Se alcanzan los afloramientos de la zona norte, nuevamente por la ruta 56 hasta el Km 8 y luego siguiendo el camino a Capillas, en un total de 39 kilómetros. A 4 kilómetros de Capillas, río abajo, hallamos las primeras manifestaciones de hierro.

Desde cualquiera de las rutas mencionadas pueden visitarse a lomo de mula los distintos afloramientos siguiendo las diversas sendas y picadas existentes, a veces con ciertas dificultades derivadas de la superabundante vegetación.

Los afloramientos en la sierra de Zapla encuéntrase comprendidos entre los 1.130 y 1.550 metros y los de la sierra de las Capillas entre 1.130 y 1.600 metros en lo que respecta al horizonte principal, en tanto que el del abra de Minas (Lám.III y V) se muestra a los 2.300 metros.

Observando la topografía del terreno, surge la conclusión de que la construcción de caminos hasta el pie del yacimiento es factible por distintos puntos, ya que las alturas y obstáculos a vencer no son de consideración.

Tanto las faldas como las cumbres de las sierras, salvo en algunos puntos, se hallan cubiertas de vegetación boscosa, a me-

///////

nudo muy densa, especialmente en quebradas, arroyos y también en ciertas alturas. En esta exuberancia reside la principal dificultad para poder situar y recorrer los afloramientos en toda su longitud, pues muchas veces impide la realización de observaciones exactas y minuciosas, como hubiera sido nuestro deseo (Lám. IX.2).

Los bosques de esta región y los de otras cercanas en una amplia área son objeto de explotación por sus maderas en los obrajes de El Cucho, arroyo de los Matos y en la finca El Brete, además del aprovechamiento de la leña y de obtención de carbón. Carboneras de pila y de horno las hay en El Cucho, El Brete y en las cercanías del puente sobre el arroyo Pacará.

Entre los árboles que más abundan pueden enumerarse: quebracho, cebil, ^{orcocebil} arca, cebil moro, lapacho, quina, nogal silvestre, cedro, palo blanco, arrayán, tipa, laurel, guayacán y otros, y entre los menores el tala, el garabato, el palo mataco, etc., y a todos ellos se agrega un sinnúmero de plantas herbáceas.

Situadas las sierras en una región de copiosas y frecuentes precipitaciones pluviales, es fácil inferir la existencia de una amplia red hidrográfica, constituida por arroyos de diverso caudal que descargan sus aguas en dos ríos. La nómina de los arroyos de la falda occidental de la sierra de Zapla es: Colorado, de la Hondura, de los Pantanillos, de los Tomates y de la Puerta de la Sala. Los tres primeros son afluentes del río Zapla y éste, a su vez, del río Grande; los restantes se vierten directamente en este último. Algunos, de apreciable caudal, son torrentosos. De la sección norte de la sierra bajan los arroyos de la Escalera, Tútima-yo, del Potrero y de la Despensa, que llevan sus aguas al río de las Capillas, al que afluyen otros arroyos que se desprenden de la sierra de las Capillas, tales como el Labrado, Zarzaparrilla, de los Tacanos, de los Matos ((lám.X,1), del Zanjón, Lagunillas y otros. Apreciable es el caudal del río de las Capillas: en el mes de octubre, frente a Tejerina, se le pudo estimar en 250 litros por segundo, pero aguas abajo, ya con el aporte de varios arroyos,

//////////

aumenta considerablemente, llegando a medio metro cúbico y quizá algo más en época de estiaje.

Como fuente de fuerza hidroeléctrica se destaca el río Grande de Jujuy que corre a corta distancia de la fracción sur del yacimiento.

La región que se está considerando, de caluroso clima en verano, particularmente al pie de la sierra, brinda en cambio durante el invierno una agradable temperatura.

Las precipitaciones, a veces torrenciales, ocurren en los meses de diciembre a abril y suman anualmente unos 700 milímetros. En invierno son frecuentes nieblas y lloviznas.

Resta añadir que, en lo relativo a la salud, en las zonas bajas de las sierras de Zapla y de las Capillas, es endémico el paludismo y se hallan infestadas por la garrapata.

II

Geología Regional

Debido a causas ya expuestas, sólo se pueden presentar algunos datos de carácter general tocantes a la constitución litológica de la región; conviene señalar la necesidad de un detenido estudio estratigráfico, pues el yacimiento, que forma parte integrante de los sedimentos paleozoicos existentes, ha sido afectado también por su tectónica, lo cual vendría a esclarecer ciertas anomalías visibles en el horizonte ferrífero.

No se dispone de un levantamiento geológico ni de un estudio detallado de esta parte de la sierra, y las referencias que acerca de ellas se tienen, aunque sólo de su pendiente oriental (sierra de Zapla), se deben a E. PERUGLIO, expuestas en Fósiles devónicos del Quemado (San Pedro de Jujuy) en la región subandina del Norte (primera parte), Boletín de Informaciones Petrolíferas, VI, N° 6, Buenos Aires, 1929, págs. 851-861. En Observaciones estratigráficas en el Norte Argentino, Boletín de Informaciones Petrolíferas, N° 156, XIV, Buenos Aires, 1937, págs. 1-49, SCHLAG-INTWEIT, O. hace una ligera mención acerca de la constitución

///////

geológica de la sierra de Zapla.

FERUGLIO da, para la pendiente oriental de la sierra de Zapla, la siguiente sucesión estratigráfica, de lo alto hacia abajo:

- 5 - Potente complejo de areniscas finas, friables, y de arcillas roja. Terciario subandino de BONARELLI.
- 4 - Estratos y bancos calcáreos compactos y colíticos, intercalados en margas o arcillas varicolores, prevalentemente verdosas, Horizonte calcáreo de edad liásica según Bonarelli, y cretácea según otros.
- 3 - Areniscas cuarzosas rojas y en su base brecha de discordancia. Areniscas inferiores de BONARELLI, de edad permotriásica.
- 2 - Areniscas cuarzoso-micáceas de color rojo violáceo que cubren en discordancia la serie subyacente.
- 1 - Estratos y bancos de areniscas cuarcíticas, blancuzcas o gris-blanquecinas, a menudo micáceas y a veces con un tinte rojo violáceo, intercalados por estratos de esquistos arcillosos en parte micáceos, gris-oscuros, gris-brillosos o negruzcos. Devónico.

Casi toda la serie precedente ha sido observada en la pendiente occidental de la sierra de Zapla, como se verá a continuación:

Según FERUGLIO, esta sierra coincide tectónicamente con un anticlinal alargado constituido por sedimentos del Paleozoico inferior, no así de las Capillas, de estructura algo complicada, La participación del Paleozoico es visible desde los cerros bajos (el del Champal, el Quemado y otros hacia el sur) hasta la cumbre misma de la sierra de Zapla. Predominan las areniscas cuarcíticas de grano fino y de colores claros, en bancos bien estratificados, con algunos decímetros de espesor, los que en la parte alta de la sierra se destacan como grandes "lajones". Entre ellos suele hallarse estratos de un sedimento arcillo-arenoso grisáceo, a menudo micáceo. La potencia de esta serie es muy considerable.

Al oeste, estas rocas pasan a otras micáceas, menos compactas y algo arcillosas, de colores verdosos, grisáceos y amarillentos, por ser limoníticas; esta serie, de un espesor que se

///////

estima entre 300 y 350 metros, es la portadora del horizonte ferrífero (lám. V). Contiguas a ella reaparecen las areniscas formando en la fracción sur algunas elevaciones aisladas dispuestas casi paralelamente con el rumbo general de la sierra; tales sedimentos afloran en el arroyo Pacará y continúan hacia el oeste hasta cerca del camino Jujuy-San Pedro. La erosión, actuando sobre los elementos micáceos, ha abierto como valles longitudinales con diversas abras, interpuestas entre la serie de las areniscas cuarcíticas.

Las acumulaciones silíceas presentan en general rumbo NNO-SSE que oscila entre N 20°E y N 35°O y en algunos sitios hasta N-S; su inclinación predominante es de 40° a 80° al oeste.

En la fracción norte de la sierra las areniscas cuarcíticas se hallan más recostadas y perturbadas tectónicamente, con inclinaciones de 20° y menos (lám. X, 2) con respecto a la horizontal, habiendo puntos en los cuales su posición llega a cerca de 70°O.

La sierra de las Capillas está constituida en su mayor proporción por areniscas cuarcíticas blancas, blanco-grisáceas y hasta violáceas, con participación de estratos arenoso-arcillosos micáceos amarillentos, verdosos y rojizos, bien estratificados. Estos sedimentos, en disposición alternante, forman el cerro Labrado, donde se encuentran con frecuencia Cruzianas, tanto en las areniscas como en el material micáceo.

Siguiendo el río de las Capillas y antes de alcanzar el arroyo del Zanjón, en los potentes bancos de areniscas cuarcíticas blancas y ligeramente rojizas se notan Scólithus, especie de tubos de hasta 30 centímetros de largo, por lo común dispuestos perpendicularmente a los planos de estratificación y muy frecuentes en los rodados que se observan en el río de las Capillas, aguas abajo del arroyo de la Escalera.

Al remontar el primer arroyo que precede al del Zanjón, se ven en su parte baja, desde su confluencia con el río de las

//////////

Capillas, areniscas cuarcíticas que más arriba forman un salto de unos 5 metros de desnivel, y luego, sedimentos grisáceos que encierran el banco ferrífero; a mayor altura, en un derrumbe encontramos en un material arenoso-arcilloso micáceo de color gris, manchado por limonita, fósiles, a saber, restos de cefalópodos (ceratídes) y un braquiópodo. Este último fué revisado por el Doctor H.J.HARRINGTON, de esta Dirección, quién lo clasificó provisionalmente como una "Spiriferina" (Spiriferellina) sp. indet. (probablemente nueva). Su forma es similar a la sp. Cristata Waggen, de la caliza de Productus de la Salt Range, y le atribuye edad carbonífera o pérmica inferior. Este, al parecer, importante hallazgo, previa revisión del terreno y estudio más completo del mismo, nos permitirá determinar con precisión la edad del yacimiento.

La edad devónica de los sedimentos centrales de la sierra de Zapla no es sostenida por SCHLAGINTWEIT, quién - fundándose en los frecuentes hallazgos de Cruziana y Lingula en los cerros de Calilegua y en las sierras de Zapla y de Santa Bárbara - atribuye al Silúrico una considerable participación. Restos de Trilobates, Orthis, Lamelibranquios y Endoceras encontró el nombrado autor en el arroyo del Garrapatal, en calizas intercaladas en el complejo de arcillas y areniscas, el cual descansa sobre potentes cuarcitas con Scolithus, que por su semejanza con las de la prepuna considera tal vez cámbricas.

Si bien, teniendo en cuenta la concordancia existente entre los sedimentos micáceos portadores del horizonte ferrífero y las areniscas cuarcíticas, la edad del yacimiento debe considerarse paleozoica, no es posible definir aún la formación a que pertenece el yacimiento. Ello sólo podrá resultar de un detenido estudio de toda la región, el cual - por otra parte - dará luz sobre la estructura de la sierra de las Capillas, lo mismo que

//////////

sobre la presencia y edad de los fósiles encontrados, que no deja de ser llamativa.

A lo largo, tanto de la falda oriental como de la occidental, ha sido establecida la existencia de la Formación Petrolífera con su Horizonte Calcáreo-Dolomítico. En nuestro recorrido la hemos verificado en La Calera, situada entre los arroyos de la Hondura y de los Pantanillos, y al este del cerro Quemado; está representada por margas resquebrajadas, rojas, rosado-verdosas y amarillentas que encierran bancos de calcáreos de 10 a 40 centímetros de espesor, además de concreciones irregulares, listadas, amarillentas y de variado tamaño. Estos sedimentos, de dirección aproximadamente N-S y de 45 a 50° de buzamiento, están apoyados en las areniscas cuarcíticas de la región. En La Calera se aprovecha el calcáreo para la obtención de cal, extrayéndosele de diversos pozos, pero considerado como depósito de calcáreo el lugar carece de importancia a causa del escaso espesor de los bancos. La corrida de esta formación fué nuevamente vista al norte de Loma Bola y en el arroyo de los Matos y su inmediata vecindad. Se observa allí un potente banco colítico interpuesto en material arcilloso rojo. En este sitio y también en las inmediaciones de la loma del Pinal, notamos bancos de un meláfiro pardusco y poroso, roca que pertenece probablemente a la Formación Petrolífera.

La zona del oeste de la sierra de Zapla y del sur de la de las Capillas hasta el río Grande, ocupada por serranías bajas, está constituida geológicamente por terrenos terciarios (Terciario Subandino), representados por areniscas y arcillas rojizas, y en su parte superior por tobas y material conglomerádico. Su inclinación es de 25 a 30° en la zona de Capillas, y están recostados sobre los sedimentos de la Formación Petrolífera o bien sobre el Paleozoico; más al poniente, su inclinación es hacia el este, pero luego vuelven a ocupar su posición al oeste.

En las cercanías de El Cucho, en sedimentos arcillosos hay manifestaciones de carbón que son objeto de exploraciones. Se

//////////

trata de un lignito de estructura leñosa que se presenta en un material gris oscuro, carbonoso, perteneciente quizás a la Formación Petrolífera.

No se ha notado la presencia de areniscas cuarzosas rojas con la brecha de discordancia, que corresponderían a las Areniscas Inferiores, pero ello no significa que no las haya en la pendiente occidental de la sierra de Zapla.

III

El Yacimiento

Entramos en este punto a considerar los bancos u horizontes ferríferos que, como ya se ha dicho, son de origen sedimentario y forman, en consecuencia, parte de la serie estratigráfica dentro de la cual se hallan.

El primer banco estudiado y que designo como principal, es el situado casi al pie del núcleo central de la sierra de Zapla, revisado y muestreado en los dos primeros viajes de inspección.

El segundo horizonte, descubierto en la sierra de las Capillas, al SO de la cumbre del cerro Labrado, en el abra de Minas, fué inspeccionado últimamente.

Se habla de otro a poca distancia y al oeste del banco principal en su parte sur, pero en concreto nada podemos afirmar.

El horizonte principal puede ser seguido desde el abra de los Tomates hasta más allá del arroyo de los Matos, en un recorrido de 24 kilómetros, conforme a las planchetas "Palpalá" y "Capillas", del Instituto Geográfico Militar, sin pretender que aquella cifra signifique su extensión total, ya que hay evidencias de su prolongación en ambos extremos. Los recientes cateos pedidos en las zonas de San Juancito, San Rafael y Las Cañadas hasta Puesto Viejo, al SE de la estación Perico, confirmarían su continua-

//////////

ción septentrional, puesto que las muestras de mineral que se me hizo ver en Jujuy y las del recogido por el Ayudante E. Stegman, son similares al de la sierra de Zapla y de las Capillas. La excursión efectuada al arroyo Zanjón, si bien no tuvo éxito desde el punto de vista del hallazgo del banco, permitió, en material rodado, comprobar la existencia de un sedimento micáceo ferruginoso, que por lo general se halla presente en los bancos ferríferos. Creo que el horizonte, cortado allí por el arroyo, debe continuar aún al norte, y - de ser así - su longitud, a partir del abra de los Tomates, ascendería a unos 30 kilómetros. Sigamos el banco tomando como punto de partida el arroyo de los Tomates: visible en el abra de este nombre, donde sobresale escasamente de los sedimentos circundantes en un recorrido de unos 150 metros, inténase al sur en una zona boscosa debajo de una cubierta de material detrítico; en este punto su potencia máxima es de 4,00 metros y su inclinación de 70° al oeste. Hacia el norte lo observamos en la barranca del arroyo, donde su espesor es de 1,50 m. Desde este punto hasta antes de alcanzar El Mojón, aunque la vegetación y la capa de tierra vegetal lo cubren, se puede observar de vez en cuando con una potencia de unos 3,00 m. Bien visible aparece en El Mojón - mediana eminencia con un mojón mineral en la cumbre (lám. XI,1) - sobre sus dos laderas; allí su anchura es de 3,00 a 4,00 m y hasta 5,00 m si incluimos algunos bancos chicos adyacentes que también son visibles en el abra de los Tomates. Continúa el afloramiento hacia el norte en medio de una vegetación boscosa y en terreno accidentado, y sólo algunas veces y con sacrificio, se pudo verificar su prolongación. Pasa el arroyo de los Pantanillos, y con un buzamiento de 40 a 45° se le observa a trechos al pie de la sierra formando afloramientos aislados hasta el arroyo de la Hondura, donde constituye una prominencia sobre su barranca izquierda (lám. XI,2). Desde este paraje se puede apreciar y hasta distinguir la línea de las manifestaciones ferríferas, que siguen aproximadamente rumbo S 35°E.

//////////

En dicho arroyo el banco, inclinado 22° al oeste, es visible desde su lecho hasta el borde superior de la barranca, en una longitud aproximada de 400 metros, con una diferencia de altura de unos 150 metros. Arriba hay una antigua labor, quizás realizada en la época colonial (7) que pone al descubierto su potencia de 1,80 m correspondiente a la fracción más ferrífera; su espesor en el arroyo no se pudo precisar por impedirlo la vegetación, pero la medida de su altura media es de un metro con treinta y cinco centímetros, aproximadamente, por cuanto el corte no representa el perfil completo del banco.

Del arroyo de la Hondura en adelante hasta el arroyo Colorado y aun hasta T. Vázquez, las observaciones fueron esporádicas por las dificultades del terreno. En el brazo sur del arroyo Colorado se pudo establecer la presencia de dos bancos de 1,50 y 2,00 m separados por areniscas micáceas a distancia de 5,00 m uno de otro; su rumbo es N 30° O y buzcan 32° al oeste.

Hasta aquí tenemos un horizonte ferrífero bien definido, de dirección N $30-40^\circ$ O y de una inclinación de 70° O en el abra de los Tomates, de 50° O en El Mojón, y de $30-20^\circ$ O en las zonas de la Hondura y del arroyo Colorado. El recorrido descrito queda incluido en su mayor parte en los cateos 275-C-1940 y 85-Z-1941.

Dentro del área de la plancheta de "Capillas", en una zona menos boscosa y de lomas nuevas, notamos el banco al E. de T. Vázquez, con un espesor de 1,00 m en el sitio muestreado, pero ya con un buzamiento al este de 50° . Esta anomalía en la posición del banco continúa por espacio de unos 4 kilómetros y ha sido sin duda motivada por efectos tectónicos que no hemos podido establecer debido a la forzada escasez de observaciones. En las cercanías de A. Farfán el horizonte comprende dos capas de 0,50 y de 1,50 m, separadas por areniscas micáceas, blandas. El banco principal entre estos dos puntos y hasta Loma Bola,

//////////

conserva rumbo casi N-S; más adelante, manteniendo este rumbo, el horizonte no es visible, pudiéndosele fijar al este de Loma Bola sobre el arroyo Tutimayo en un insignificante afloramiento que pasa casi inadvertido. Debe, pues, mediar una falla entre la posición de los dos afloramientos y quizás otra fractura al sur, y entre ambas se ubicaría la fracción del banco volcado hacia el este. El otro afloramiento notado, antes de llegar al río de las Capillas, está situado a unos 200 metros de la confluencia del arroyo Tutimayo con el mencionado río, y, tanto ahí como en el afloramiento antedicho, el banco cae al oeste con 20-30° respectivamente, y tiene rumbo general NNO-SSE. Entre ambos puntos, según comunicación del baquiano, el horizonte aflora en las elevaciones dentadas al este de Mamani.

En la sección comprendida entre los arroyos Tutimayo y del Potrero, es visible en casi toda la distancia que los separa, sobre la barranca derecha del río de las Capillas; una falla ha elevado la porción austral del banco. En este tramo está ligeramente ondulado y fracturado, con inclinación al este en el mismo afloramiento; se endereza luego y buza 20° al oeste. El manto ferrífero se observa sobre un recorrido de 200 metros al este del corte del río, estando en parte oculto por sedimentos y por la vegetación. En algunos puntos de este paraje y por efectos de la erosión, como ser cerca de la junta del Tutimayo con el río, se nota un banco con 1,50 m de espesor y en otros se presenta fracturado y de naturaleza muy silíceo. Su longitud, en esta zona, es de unos 600 metros. Sobre la margen izquierda del río se encuentra hundido.

En la barranca izquierda del arroyo del Potrero existen dos bancos: el inferior de 1,20 y el superior de 1,50 m, separados por una intercalación del 0,40 m de un sedimento areno-micáceo claro. Al norte del mencionado curso de agua no es visible el horizonte ferrífero, pues esta parte baja se halla cubierta de material de acarreo, pero sí lo es en un codo del río de las Capillas, a unos 500 metros antes de llegar al arroyo de los Matos (lám. V y XI, 1 y 2), y allí nuevamente se está en presencia de dos bancos bien definidos, de 2,00 y 1,05 m de potencia, y otro de 1,20 de espesor

////////

a cerca de 5,00 m arriba de los anteriores. La posición de ellos es de 25° al oeste y su rumbo general $N 10^\circ O$. En la margen oriental del río aparecen bancos de areniscas cuarcíticas, a veces con una arenisca blanda grisácea y con material rodado chico. Los estratos del piso y del techo del horizonte ferrífero consisten en una arenisca muy micácea de color verdoso.

Hacia el norte, hasta el arroyo de los Matos, el banco si gue por la parte más baja de la barranca del río, casi tocando su lecho. A unos 80 metros de la confluencia de ambos y en la margen derecha del arroyo, entre la maleza, aflora el banco con 2,05 m de espesor, intercalado entre areniscas cuarcíticas ferruginosas (en el piso) y areniscas micáceas amarillentas (en el techo).

Durante una excursión realizada con el objeto de llegar al arroyo del Zanjón, partiendo del de los Matos, pero que no tuvo éxito debido a las dificultades que presenta el terreno, dimos con un afloramiento situado sobre una saliente, el cual no fué muestreado por no estar bien descubierto. Al descender de este punto alcanzamos el derrumbe en que fueron encontrados los fósiles ya citados. Creemos que el horizonte continúa al norte y pasa el arroyo del Zanjón, de no mediar algún efecto tectónico, lo que sería posible, puesto que la estructura de esta sierra no parece sencilla.

Al SO de la cumbre del cerro Labrado, en el abra de Minas, allí donde el extremo NO del Labrado se une al del SE del cerro más alto de la zona, de 2522 metros (sin nombre en la plancheta), se observa el afloramiento correspondiente a dos bancos, en una extensión de cerca de 100 metros. En su fracción norte tienen 1,10 y 1,20 m de espesor, rumbo $N 60^\circ O$ y buzamiento de $30^\circ SO$, hallándose intercalados en sedimentos areno-micáceos, y separados por 1,50 m. Desde su punto más austral se puede notar su corrida al sur por algunos cientos de metros. Esta parte, como también otra ubicada más al sur y que me fué señalada por el baquiano, no fueron inspeccionadas por falta de tiempo.

Nos hallamos en una zona que debe ser revisada con más detenimiento.

///////

niento para establecer concretamente el verdadero desarrollo de este horizonte ferrífero segundo desde el punto de vista minero, pero dudoso aún si se le considera geológicamente, pues no sería de extrañar que se tratara del mismo de la sierra de Zapla, que, por una estructura de escamas hubiese sido ascendido a esa altura.

Los escombros resultantes de la erosión y los derrumbes de los sedimentos componentes de la sierra y de los que contienen el horizonte ferrífero, han dado lugar particularmente en los arroyos a la acumulación de trozos de mineral del banco, observándose algunos de más de un metro cúbico (río de las Capillas, antes de llegar al arroyo de los Matos, y en los arroyos del Potrero y Tutimayo).

Sintetizando los datos expuestos referentes a los caracteres de los afloramientos y teniendo presente la ubicación de éstos de acuerdo con el plano y el perfil de la región (láminas III y IV), queda establecido:

- 1°.- La existencia de un horizonte bien caracterizado, de rumbo NNO-SSE, y posición de 20 a 70°O, con un recorrido aproximado de 7 km, desde el Abra de los Tomates hasta el arroyo Colorado, cuyos afloramientos están situados en el borde bajo de la falda correspondiente a la parte central de la sierra de Zapla, en su pendiente occidental. La potencia total del banco o de los bancos, varía de 1,50 a 4,00 m. En este tramo del yacimiento el banco aparece en las barrancas de los arroyos y en las prominencias del mismo, que a veces alcanzan 50, 100 metros y aún más (La Mondura, El Mojón).
- 2°.- Desde cerca del arroyo Colorado hasta Loma Bola, el horizonte buza al este separado por una falla de su afloramiento en el curso superior del arroyo Tutimayo. Su dirección es casi N-S y aflora en lomas de suave pendiente, cubiertas por escasa vegetación. En esta sección no siempre es posible el examen del banco en toda su anchura, por hallarse cubierto en parte por tierra vegetal.

//////////

3°.- Desde el arroyo Tutimayo, arriba, hasta su afloramiento situado cerca de la confluencia de éste con el río de las Capillas, la dirección del banco es N 10°O aproximadamente, con inclinación nuevamente al oeste de 20 a 30°O. Desde este último punto es visible en el río de las Capillas, primero sobre el margen derecha y luego sobre la izquierda. En ciertos lugares observanse dos bancos. El espesor del horizonte ferrífero en esta sección varía de 1,50 a 3 metros. Entre los arroyos Tutimayo y del Potrero, en una suave pendiente, nótase mineral en una extensión de 600 x 300 metros; se trata de una zona fracturada.

4°.- Al norte del arroyo de los Matos, se ha verificado la presencia de mineral, a un kilómetro al sur del arroyo del Zanjón, solo en un afloramiento poco descubierto. Considero que el banco debe pasar este último arroyo.

5°.- En el abra de minas, a 2300 metros de altura, existe un afloramiento visible en 100 metros, con rumbo N 60°O, el cual continúa al SE. Son dos bancos de una potencia total de 2,30 m. Otras observaciones no se practicaron en esa zona.

IV

El Mineral

En conjunto, el mineral presenta coloración predominante rojiza con distintas tonalidades, resultantes de su grado de pureza. Rojo oscuro es el material del abra de los Fomates y del El Mojón; semejante, aunque algo más claro, el del arroyo del Potrero, y rojizo algo violáceo el de la barranca del río de las Capillas. Distinto, por lo menos en partes, es el mineral del arroyo de la Hondura, presenta color grisáceo, con manchas irregulares pardas.

//////

Por percusión o por frotación, todos dan un polvo rojo vivo a rojo claro, conforme a su porcentaje de hierro, pero nunca el rojo sangre de la hematita de vetas.

Su estructura, de grano fino, a veces produce la impresión de ser escamosa; presenta puntos brillantes rojizos (mica teñida de rojo) como asimismo puntos blancos y amarillentos distribuidos irregularmente en su masa, y hasta rodaditos de cuarzo. En ciertos puntos muestra tendencia a romperse siguiendo la dirección de estratificación del banco. Compacto y duro como el material del abra de los Tomates, de El Mojón, etc., no lo es en el caso del correspondiente al arroyo del Potrero, debido sin duda a hallarse alterado y lavado. Por lo general, posee bastante tenacidad que se señala particularmente en los lugares en que el mineral contiene silicatos de hierro.

Su densidad varía, naturalmente, según su tenor en hierro, y al respecto el señor E. Rubio de esta Dirección, ha realizado algunas determinaciones partiendo de trocitos de mineral o bien de su polvo, correspondientes a comunes y a material seleccionado. Los valores hallados son:

<u>Procedencia</u>	<u>Mineral</u>	<u>Fe %</u>	<u>Densidad</u>
Abra de los Tomates	Seleccionado	53,47	3,90
Arroyo de la Hondura	Común	35,96	3,17
Arroyo Colorado	"	33,73	3,02
A. Ferfán	"	38,75	3,42
Arroyo Tutimayo, abajo	"	33,95	3,27
Arroyo del Potrero	Seleccionado	48,17	3,65
Río de las Capillas	Común	31,05	3,32

Indudablemente, no en todas las muestras la densidad está en relación con el hierro, por cuánto los trocitos de mineral fueron tomados al asar, y el tenor en hierro que se indica corresponde al total del material molido y cuarteado. Ello no obstante, puede considerarse que la densidad oscila entre 3,02 y 3,90.

Pasemos a establecer las especies a que corresponde el mineral. En el primer informe acerca del yacimiento de la sierra de Zapla, se dijo que el mineral principal lo constituía la hematita en asociación

//////

nes de granos finos, pero se dejó constancia, por otra parte, de la posible existencia de otras especies, como turgita y la hidrohematita, fácil de confundir con la hematita, las que - de acuerdo con recientes investigaciones roentgenométricas - han resultado ser hematita en un estado disperso fino, con agua de absorción en varias proporciones. No se les ha podido individualizar como tales, pero presumimos su presencia por el, a veces, elevado porcentaje de la pérdida al rojo, que no respondería en un todo al grado de humedad y al agua contenida en la sílice hidratada.

A la hematita sigue en cantidad el cuarzo, en pequeños granos, que rara vez alcanzan diámetros de 2 milímetros o más. Su diseminación es muy irregular.

Traído el mineral por ácido clorhídrico hasta la disolución total del hierro, deja un esqueleto silíceo que, además del cuarzo, contiene en proporciones variables una sílice hidratada blanca que, sin duda, ha de estar íntimamente ligada a la hematita.

La mica, como hojuelas muy pequeñas blancas, amarillentas y hasta rojizas, existe en casi todas las muestras, soliendo abundar en algunos parajes (río de las Capillas), donde es rojiza (biotita manchada por la hematita).

En ciertas muestras es dable observar restos de delgadas capitas irregulares de un mineral de color verde oscuro que posee la misma estructura de la mina ferrífera; se trata, pues, de silicato ferríferos hidratado que, por alteración, han dado origen a la hematita, y que hemos de considerar más adelante.

Al observar el mineral o rocas ferríferas al microscopio, en corte delgado, la doctora M.E.H de Nogués comprobó que está compuesto por granos redondeados, casi siempre alargados, de un material hematítico, escasa biotita manchada por óxido de hierro, cuarzo en granos y un semenó hematítico silíceo.

Mayores observaciones fueron practicadas en cortes pulidos, mediante el microscopio calcográfico, a pesar de que el mineral no se presta para un buen pulimento, a causa de la propia natural

///////

za de la hematita y la diferencia de dureza entre esta y el cuarzo. Los cortes pertenecen a mineral elegido del Abra de los Tomates y del arroyo de la Hondura. En ambas preparaciones se nota claramente la estructura de la mena, compuesta de granos redondeados, curvos a menudos y hasta de forma rectangular en pocos casos. Con la luz polarizada, pero sin nicoles cruzados, observamos tres tipos de granos, a juzgar por su color: uno blanco de relativamente alto poder de reflexión, y dos de color gris rojizo, uno de ellos más oscuro. El primero es la hematita que, a nicoles cruzados, muestra efectos de anisotropía (coloración grisácea), óxido suele observarse en granos de color gris rojizo oscuro, siguiendo a menudo las líneas de clivaje. No tenemos seguridad de si estos granos constituyen silicatos de hierro alterados o bien los con hematita contaminados por su polvo durante el pulido. El cuarzo se presenta como granos redondeados, pero más frecuentemente como astillas entre los granos restantes, presenta buen pulimento y color gris rojizo. A nicoles cruzados, todo el conjunto toma una coloración rojiza, en especial las partes no metálicas, lo que permite distinguir netamente el cemento silíceo-ferruginoso que une los granos (láminas XV, 1 y 2).

En todos los afloramientos y cortes del banco se observa que no siempre toda su masa está compuesta por un mineral homogéneo, sino que por el contrario existen determinadas capas de diversa composición cuantitativa y que, hacia sus costados, la calidad del material desmejora por ser más silíceo. Conforme a observaciones oculares, las fracciones con buen mineral y a menudo bien definidas, poseen espesores de algunos centímetros hasta varios decímetros. Así en el corte del banco inferior del arroyo del Potrero, de arriba hacia abajo, se tiene: 0,70 m de buen mineral y 0,50 m de regular calidad y en el del arroyo de los Matos, en igual sentido: 0,20 m de material bueno, 0,35 m de mineral regular; 0,75 m de buen material en un banco compacto, y 0,65 m de un mineral menos rico. Otras veces no se llega a establecer netamente el paso de un material silíceo a otro que lo es menos y que en cambio es más ferruginoso, obser-

///////

vándose dentro del primero capas de forma lenticular irregular, ricas en hematitas.

V

G é n e s i s

He adelantado ^{que} el yacimiento es de origen sedimentario, tesis sostenida ya en el primer informe, pero en aquel entonces no disponía de elementos de juicio para explicar la información de la hematita. Durante el segundo viaje, en la zona de La Hondura, nos llamó la atención la presencia de una roca verde oscura, algo pesada y de igual estructura que la hematita, la cuál contenía óxido de hierro en su masa, circunstancia que me sugirió inmediatamente la idea de que la hematita debía haberse formado por transformación del mineral verde oscuro, hipótesis que luego fué corroborada por las investigaciones de laboratorio y de gabinete. He aquí la explicación de la existencia de sílice hidratada en la roca hematítica.

Particularmente en la zona norte, aunque no en todos los cortes, es posible hallar la roca verde; ilustrativo son los cortes que ofrece el arroyo Tutimayo (lám. 61), puesto que allí se presenta no sólo el mineral verde sino también el banco de hematita y hasta rocas de material intermedio. En este afloramiento, abajo, la potencia total del sedimento hematítico y del verde alcanza a 4,20 m, mientras en el corte del mismo arroyo pero arriba, sin ser completo, se midió 4,95 m; estas cifras se aproximan a los espesores máximos de los afloramientos de hematita correspondiente a la sierra de Zapla.

La roca verde no se limita a presentarse en la posición del verdadero horizonte ferrífero, sino que también aparece en estratos más delgados, a veces de forma lenticular, en las cercanías de aquél, en estado más o menos fresco o alterada parcialmente en hematita. Así, antes de llegar al corte del arroyo Tutimayo, cerca de su confluencia con el río de las Capillas, se observan dos bancos verdes dentro de areniscas micáceas gris-verdosas; esta circunstancia aclara la exis-

//////////

tencia de algunas capas irregulares de hematita, situadas casi siempre en la inmediata vecindad del banco principal.

Las determinaciones microscópicas de la roca verde fueron practicadas por la doctora M.E.H. de Nogués sobre dos cortes procedentes de material del arroyo de la Hondura y uno correspondiente a una muestra del río de las Capillas: "Para estudiar este material en corte delgado es necesario examinar varios, debido a que la roca es variable de un punto a otro sobre la superficie de los mismos, por existir zonas que ya están completamente alteradas en hematita, junto a otras en que la cantidad de granos de cuarzo y material verde (clorítico) varían en tamaño, cantidad, color y alteración. Para efectuar una separación se tropieza con dificultades como las siguientes: un tratamiento por HCl para eliminar el óxido de hierro destruye también a las cloritas, y una separación con líquidos de pesos específico conocido no ha sido posible realizarla. Al usar bromoformo (2,8 de pesos específico), el óxido de hierro arrastra el material clorítico, y aplicando el melonate de talio (4,2 de peso específico), éste ataca al mineral de hierro.

"Examinado los tres cortes, deducimos que se trata de un material sedimentario constituido por granos de cuarzo, la mayoría redondeados otros angulosos y alargados y cuyo tamaño está comprendido entre 0,04 y 2,mm, este último en casos excepcionales. En el corte de la muestra del río se nota una gran oscilación en las dimensiones de sus granos, estando los más pequeños como agrupados en determinadas zonas, dentro del conjunto; en los cortes restantes el tamaño es más uniforme (alrededor de 0,04 mm). Muchos de ellos muestran extinción ondulada y sólo casualmente se presentan granos de cuarcita, parte de roca eruptiva y zircón. Como inclusión dentro del cuarzo se observan finísimas columnas de apatita. En la muestra del río de las Capillas el cuarzo ocupa el 50 % de su superficie, disminuyendo en las otras a un 15 % .

"El material clorítico es verde, a veces verde azulado, verde grisáceo, y verde pardo hasta rojizo; posee índice de refracción determinado de 1,655, ángulo 2V pequeño, de una figura de interferencia a veces

//////////

de mineral uniaxial y signo negativo. Todos estos datos inducen a sospechar que nos encontramos quizás en presencia de la thuringita; en las cloritas de color verde pardo hasta pardo rojizo, las medidas de índice han dado valores distintos, de acuerdo a la coloración del grano observado. Este hecho me hace suponer que la variación de su índice debe estar relacionada con el grado de alteración thuringita, siendo mayor a medida que enriquece más en hierro. Los granos de thuringita son en su mayoría alargados, con bordes redondeados, algunos arqueados por flexión, mostrando preferentemente secciones del segundo y tercer pinacoide con sunclivaje característico y su mercado pliocremolito. La medida del largo de los granos da un valor máximo de 0,5 mm.

"Además de la thuringita, he podido observar otra clorita de menor índice (1,652), que en proporciones variables acompaña a aquélla y que no he podido identificar.

"El cemento está representado por material clorítico, dentro de cuál se notan laminillas muscovita y una que otra de biotita, y en algunos puntos del corte de Capillas, un carbonato (siderita o calcita?) que engloba secciones de epídoto y óxido de hierro.

"He notado granos de thuringita oolíticos; en algunos la parte nuclear es un pequeño grano de cuarzo, en otros la parte central es también thuringita. Un grano de cuarzo del corte de Capillas encierra pequeñas masas de material clorítico que muestran claramente el clivaje y que en su forma arqueada dan la impresión de gusanillos distantes.

"Clasifico la muestra correspondiente al corte del río de las Capillas como arenisca thuringítica y el material de las dos restantes como thuringítico-hematítico (lám. XIV). Un estudio más detenido a base de diversas muestras del yacimiento, permitirá aplicar las determinaciones practicadas, orientándonos hacia una clasificación más exacta de las cloritas ferríferas, las primeras estudiadas en esta Dirección".

La thuringita $H_2Si_2O_7(Fe,Mg)_2(Al,Fe)_2Si_6O_{41}$ (?), como asimismo la chamesita, el stilpnomelano, la greenalita, y otros, corresponden a la familia de la leptoclorita; son silicatos de hierro y aluminio, prin

///////

principalmente, hidratado, de fórmula aún no bien definida. En ellos el hierro se presenta al estado ferroso y férrico en proporciones variables; su color oscila entre el verde y el verde oscuro, su estructura es de grano fino hasta eolítica y son atacables por ácido clorhídrico. Originan por acumulaciones considerables, o por transformación, yacimientos de hierro, algunos de ellos en explotación.

Composición aproximada (1):

	<u>Chamosita</u>	<u>Thuringita</u>	<u>Greenalita</u>
SiO ₂	25	23	30
Al ₂ O ₃	17	17	--
Fe ₂ O ₃	6	15	35
Fe O	39	33	36
Mg O	3	--	--
H ₂ O	10	11	9

A continuación se presenta un análisis de la arenisca thuringi-
tica del río de las Capillas, realizado por el doctor Miguel H Catala-
no:

	<u>A - 100 %</u>	
Pérdida al rojo.....	4,18 %12 %
Insoluble en HCl.....	62,36 "	
Sílice total (SiO ₂).....	56,59 "	
Sílice soluble.....	7,16 "20,6 "
Anhídrido fosfórico (P ₂ O ₅).....	3,60 "	
Oxido de titanio (TiO ₂).....	0,25 " 0,70 "
Oxido ferroso (FeO).....	14,94 "42,9 "
Oxido férrico(Fe ₂ O ₃).....	18,00 "	
Oxido de manganeso (MnO).....	0,05 " 0,1 "
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃).....	4,90 "19,9 "
Oxido de magnesio (MgO).....	1,28 " 3,8 "
		<u>100,00 "</u>

(1) LINDGREEN W. Minerals Deposits. New York and London, 1933. Pág. 269.

Observación.- Se consideran solo los compuestos que forman parte de las cloritas. No se tuvo en cuenta el óxido férrico por corresponder a hematita observada en el corte de la roca. En este análisis se verificaron todos los principales elementos (menos el azufre, que no fué investigado) que figuran en las evaluaciones cuantitativas de las muestras comunes. Llamen la atención los tenores relativamente elevados en óxido ferroso y en anhídrido fosfórico, este último al estado indudablemente de apatita.

//////////

Las cloritas de que se trata tienen casi siempre origen sedimentario, por deposición en mares playos y en las cercanías de sus costas. Las teorías referentes a su formación no son aún claras; algunos investigadores las suponen productos de alteración de silicatos portadores de hierro, aluminio y magnesio, como ser augita, hornblenda, biotita, ortocloritas, etc., y en cambio Halimond (1) al considerar el origen chamosítico del yacimiento de hierro jurásico de Inglaterra, concibe el origen de la chamosita como resultante de una acción del hierro ferroso sobre un producto arcilloso coloidal. El actual horizonte hematítico correspondió primitivamente en su totalidad a un material clorítico depositado sin uniformidad en sedimentos arenomicaeos sobre toda el área de la cuenca, de donde han resultado zonas ricas en silicatos primitivamente y otras con mayor porcentaje en cuarzo; por otra parte, no debe llamar la atención dicha falta de uniformidad en el espesor de la capa depuesta, pues factores tales como la irregularidad del fondo del mar, la acción de las olas y aun de las mismas corrientes marinas, impiden frecuentemente que tal condición pueda verse cumplida. La sedimentación de los materiales que dieron lugar a la formación de las cloritas, ocurrió al parecer en una etapa principal y en otras menores; a estas últimas corresponderían las areniscas thuringíticas que, a poca distancia, suelen acompañar al banco ferrífero principal. Las cloritas, poco estables bajo la acción de los agentes atmosféricos, se alteran originando hematita y limonita y dejando en libertad sílice hidratada. Durante este proceso se produce un enriquecimiento en hierro por eliminación de algunos de los elementos participes, fenómenos observados en varios yacimientos de este tipo. Para comprobar si estos minerales han tenido lugar en nuestros minerales oxidados, el doctor Hector H. Alvarez realizó dos análisis de muestras elegidas una de abra de los tomates (a) y la otra del arroyo del Potrero (b), con los siguientes resultados:

(1) LINDGREEN W., Op.cit., pág. 275.

	<u>a</u>	<u>b</u>
Pérdida al rojo.....	2,43 %	4,99 %
Residuo insoluble total en HCl (SiO ₂)...20,89 "	"	10,57 "
Sílice hidratada o soluble.....	3,09 "	4,84 "
Hierro (Fe).....	48,16 "	53,47 "
Alúmina (Al ₂ O ₃).....	4,85 "	5,58 "

Comparando estos resultados con el del material clorítico de la muestra de la arenisca thuringítica del río de las Capillas, salta a la vista el extremadamente bajo contenido en sílice hidratada frente al fuerte porcentaje en hierro, lo cual nos induce a pensar Obviamente que ha habido una extracción por lavaje de este compuesto, hecho extensivo a la alúmina y quizás aun al fósforo, si se relacionan las leyes de los comunes con las del material original, que han dado para materiales cloríticos 3,60 y 1,53 %, esta última cifra correspondiente a una roca clorítica procedente del corte del arroyo Tutimayo, arriba. Estas conclusiones son muy importantes por cuanto revelan que en profundidad, en la zona no alterada, se ha de encontrar menor contenido en hierro y mayor en sílice. La profundidad de la zona de oxidación está vinculada al nivel hidrostático y a la permeabilidad de la roca, principalmente. En nuestro caso, nada se puede adelantar en lo referente a su desarrollo; los trabajos de exploración aclararán esta importante incógnita.

A juzgar por la extensión que abarcan los afloramientos y las diversas alturas a que se encuentran, es lógico admitir que la cuenca de sedimentación del material clorítico ha sido muy grande, y si su desarrollo longitudinal es superior a 25 km, obvio es concebir que su extensión transversal alcance varios centenares de metros. Como ya se ha dicho, dentro de esa superficie habrá secciones de mineral bueno y otras menos ricas; los futuros reconocimientos tendrán por objeto establecer aquellas y sus respectivas capacidades.

A continuación se presenta una breve descripción de algunos yacimientos europeos, similares por su formación a los depósitos en estudio:

///////

Schmidelfeld, cerca de Saafeld, en el bosque de Thuringia (1)

El yacimiento está constituido por dos horizontes correspondientes al piso más bajo del Silúrico inferior de Thuringia. Se conocen tres bancos: el más bajo, considerado como explotable, de 3 m de potencia total, está representado por hematita con intercalaciones de cuarcitas y de pizarras (Griffelschiefer); el medio, de 2 m de espesor, contiene hematita de estructura colítica, y el banco principal, el ubicado en la parte más superior, en la cercanía del medio, posee una potencia de 15 a 20 m, rumbo a NE a SO e inclinación de 60° SE. La mena está compuesta de thuringita y chamosita, predominando esta última, de estructura compacta y hasta colítica y de color gris oscuro a negro. Carbonato de hierro (siderita) existe soldando las colitas de chamosita. La ley del banco es de 30 a 35 % Fe, y la mena tostada, después de una pérdida del 20 % de su peso, contiene 43 a 45 % Fe, 20 a 31 % de residuo insoluble y 0,7 a 1,2 % P. La chamosita cruda acusa 46,3 % TiO. El mineral se funde con calcáreas ferruginosas de Karlsdorf. La producción de este distrito, en 1929, fué de 138.000 t de mena tostada.

Nucitz, en Bohemia (1)

El yacimiento de minerales de hierro (mena chamosítica) de Nucitz, al oeste de Praga, reconocido en una extensión de 40 km, ha sido explorado en 8 km de longitud. Pertenece al complejo del Silúrico inferior y al piso D de Barrende (zonas d₁-d₅). La zona d₂ está formada por grauvacas y pizarras con tobas de diabasas y sedimento ferruginosos. Este último es una hematita colítica de 17 m de potencia aunque una gran parte de su desarrollo está representada por numerosas capas delgadas que alternan continuamente. La zona ferrífera d₄, esto es, los bancos de Zahoran, es mucho más importante y comprende los de Nucitz. Se presentan en las rocas esquistosas de la región, se explotan a cielo abierto y alcanzan en conjunto un espesor de 22 m como máximo, disminuyendo gradualmente al este y al oeste. La tectónica que afecta estos estratos, de un buzamiento de 50 a 60°, es complicada por la presencia de seis fallas, y como consecuencia de ellas se han practicado seis piques. La mena, de estructura colítica y de color gris verdoso, está constituida por silicatos de hierro y considerada como chamosita con una fuerte participación de siderita.

El tenor medio de la mena cruda de Nucitz es de 35,5 % Fe con alrededor de 20 % de residuo insoluble. El mineral tostado, con 20 de pérdida, llega a 44,3 % Fe. Su producción antes de la Conflagración de 1914, era de 700.000 t. Las reservas de Nucitz entre Jinoc y Chrustenitz (8 km) se estima en 11.000.000 t.

(1) BEYSCHLAG, VOST y KRUSCH, The deposits of the useful minerals in rocks, London, 1916. Pags. 1040-1044.

Al SO de Praga, en Krusna Hora, cerca de Beroun (Bohemia), existe, en los horizontes superiores del Silúrico, un yacimiento similar al de Nucita. El mineral, de estructura colítica, produce 38-40 % Fe.

El alto porcentaje en sílice de estos minerales, que además contienen 0,5 l, 5 % P, obliga a fundirlos con minerales de hierro básicos.

Entre otros depósitos, donde la chamosita forma parte integrante de menas ferríferas, hay que mencionar los de Jurásico de Inglaterra. Gran parte de las necesidades de la industria siderúrgica de este país, que en tiempos de paz ascienden a unos 15.000.000 t, son satisfechas por estos yacimientos. La mayor parte de su producción procede de las regiones de Cleveland, Frodingham, Leicester y Northampton. El tipo de mena que se denomina "chamositic mudstone" y "chamositic-sideritic mudstone", se explota a cielo abierto y por trabajos subterráneos. El espesor de los bancos varía de 6 a 25 pies y la ley media de la mena es: 30 % Fe, 0,3-1 % Mn y 0,7 % P (1).

VI

Muestreo y Análisis

Virgen como se halla el yacimiento y con el inconveniente de encontrarse en gran parte oculto por la vegetación, no nos ha sido factible practicar un muestreo que guarde relación con la magnitud del mismo, más aun si a ello se suma la corta duración de nuestras inspecciones. Con todo, se ha tratado en lo posible de extraer las muestras en los sitios más adecuados, a fin de que los valores analíticos puedan referirse al espesor del banco o de los bancos ferríferos.

El número total de muestras comunes es de 23, y si considerásemos que todas ellas fueron tomadas de distintos lugares, a cada kilómetro no alcanzaría a tocarle una, lo cual demuestra claramente la exigüidad de dicho número; en condiciones normales de reconocimiento, hubieran correspondido por lo menos 20 por kilómetro.

Debemos destacar, por otra parte, que ellas son comunes de material ferrífero de un costado al otro del banco, en sentido perpendicular a su espesor, salvo, naturalmente, algunas de la zona que son de las fracciones más ricas.

WRIGHT W. Ch., The iron and steel industries of Europe. United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Economic Paper 1 Washington, 1939.

//////////

Y si bien los valores de los comunes proporcionan una idea sobre el contenido del conjunto del banco, faltó el muestreo parcial de las zonas, ya que la composición cuantitativa del mismo no es uniforme. El estado de los afloramientos en particular no nos permitió practicarlo, tarea que hubiera demandado mucho tiempo, y un enorme trabajo de parte de los químicos, aparte de que en nuestros laboratorios hubiera resultado una labor casi imposible.

En la toma de las muestras se siguieron dos métodos: el de las astillas y el de la zanja. El primero consiste en sacar trozos del material de igual volumen aproximadamente, a través de todo el ancho del banco. Obvio es admitir que la extracción nunca resulta regular y, por ende, los tenores quedan dentro de un margen de seguridad de algunos por ciento. Este procedimiento fué aplicado en todos aquellos puntos en que los afloramientos tenían superficies muy irregulares. Se prefirió en todo momento el método de la zanja, que da muestras de menor volumen, pero más reales, y que consiste en la extracción del mineral comprendido en una angosta zanja. Casi toda la región norte fué muestreada así, buscándose cortes lisos y perpendiculares al rumbo del banco (lám. XII, 1).

El doctor Miguel H. Catalano, que analizó el mayor número de las muestras, partió para la determinación de los distintos elementos, de las siguientes cantidades: sobre 4 gramos para el residuo y sílice; del precipitado con amoníaco (Fe, Al, P, Ti y Mn) pesado en conjunto, sobre 1 gramo, y para fósforo, manganeso y titanio, sobre un gramo en cada caso y en porciones separadas.

El manganeso y titanio fueron determinados colorimétricamente y el hierro volumétricamente, reduciéndolo previamente con cloruro estannoso. El residuo insoluble comprende todo lo que queda después de un ataque con ácido clorhídrico concentrado y remitiendo esa acción hasta sequedad, a bañomaría durante tres veces.

Muestra	otencia	Fe %	Mn %	Ti %	Al ₂ O ₃ %	CeO %	S %	P %	resid. inorg. %	Pérdida al rojo %
1	1,50	58,07	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	11,96	5,05
2	4,00	51,37	0,05	0,31	"	"	vestig.	vestig.	15,92	5,85
3	1,50	53,61	no determ.	no determ.	"	"	"	"	14,20	5,00
4	3,00	43,56	"	"	"	"	"	"	25,32	8,30
5	1,00	56,40	"	"	"	"	"	"	14,08	4,93
6	4,00	38,53	0,01	0,59	"	"	"	"	34,67	8,00
7	2,00	41,88	no determ.	no determ.	"	"	"	"	31,38	3,55
8	3,70	43,56	0,01	0,57	"	"	"	"	28,64	5,10
9	1,35	34,84	0,06	0,58	4,83	vestig.	0,07	0,31	35,74	7,44
10	1,80	30,82	0,06	0,48	3,02	no determ.	0,06	0,16	41,84	7,28
11	1,50	30,38	0,03	0,50	7,42	vestig.	0,11	0,33	40,08	6,66
12	2,00	33,73	0,04	0,61	4,90	vestig.	0,06	0,27	37,93	6,26
13	1,00	30,82	0,06	0,48	3,02	"	0,06	0,16	41,84	7,28
14	2,00	38,75	0,05	0,38	3,49	no determ.	0,11	0,20	33,34	5,94
15	1,50	33,95	0,04	0,44	3,16	"	0,12	0,40	41,24	3,88
16	1,30	36,97	0,14	0,28	6,99	"	0,17	0,43	29,31	7,34
17	1,20	34,73	vestig.	0,37	0,97	4,37	0,13	0,16	31,73	10,84
18	1,50	35,07	0,07	0,42	2,84	no determ.	0,15	0,13	38,98	4,86
19	1,05	24,01	0,10	0,53	5,01	"	0,15	0,40	52,55	4,78
20	2,00	31,05	0,04	0,46	3,87	1,26	0,19	0,20	45,05	3,74
21	2,05	28,03	0,19	0,61	1,69	0,84	0,15	0,38	49,31	5,18
22	1,10	31,97	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	no determ.	38,61	5,01
23	1,20	30,15	"	"	"	"	"	"	41,38	5,03

---En la muestra No 21 se determinó 0,87 % MgO.

---Las muestras abarcadas por las llaves corresponden a uno o dos bancos, pero de un mismo punto.

---Las muestras No 1-8 fueron analizadas por el Dr. Mario Torre, las No 9-21 por el Dr. Miguel H. Catalano, y las No 22 y 23 por el Dr. Héctor H. Alvarez.

Procedencias (láminas VII y VIII)

- No 1 y 2: Abra de los Tomates.
- No 3 : Arroyo de los Tomates.
- No 4 : Entre el arroyo de los Tomates y El Mojón.
- No 5 y 6: Falda sur del afloramiento del cerro del Mojón.
- No 7 : Entre el Mojón y el arroyo de los Pantanillos
- No 8 : Entre el A° de los Pantanillos y el de la Hondura.
- No 9 y 10: Margen izquierda del arroyo de la Hondura.

Muestra N° 11 y 12	: Arroyo Colorado, brazo sur.
" "	13 : Frente a F. Vazquez.
" "	14 : Frente a A. Farfán.
" "	15 : Arroyo Tutimayo, arriba, margen izquierda.
" "	16 : Arroyo Tutimayo, abajo, margen derecha.
" "	17 y 18 : Arroyo del Potrero, margen izquierda.
" "	19 " 20 ; Río de las Capillas, entre el arroyo del Potrero y el de los Matos, margen izquierda.
" "	21 : Arroyo de los Matos, margen derecha.
" "	22 y 23 : Afloramiento del abra de Minas, al SO de la cumbre del cerro Labrado.

- De un detenido estudio de los resultados precedentes, deducimos
- 1°.- Que los tenores máximos en hierro corresponden a la zona sur, hasta antes de alcanzar el arroyo de la Hondura, con valores que oscilan entre 38 y 58 %, y que los análisis restantes demuestran una cierta uniformidad, con leyes variables entre 30 y 35 % Fe, bajando en un solo caso a 24 %.
 - 2°.- Que el residuo insoluble en HCl (sílice en su totalidad) no guarda relación alguna con el hierro, por el cuarzo que contiene el mineral, siendo elevado en todos los casos, con un mínimo de 11 a 16 % y un máximo de 52 %; dicho residuo, en términos generales queda comprendido entre 25 y 45 %. Corresponde al cuarzo y a la sílice hidratada resultante de la alteración de los silicatos hidratados de hierro.
 - 3°.- Que la presencia del manganeso, elemento propio de los silicatos de hierro, se manifiesta con tenores muy bajos, entre 0,01 y el 0,07 y, en algunos casos, entre 0,10 y 0,19 %.
 - 4°.- Que el titanio se halla presente en cantidades no desdeñables a se ha de llegar a fundir el mineral; su contenido, que oscila entre el 0,33 y 0,6%, forma al parecer parte integrante de los silicatos originarios, a cuyo respecto hemos recordado que la chamosita de Schiedelfeld acusa 1,63 % TiO_2 .
 - 5°.- Que la alúmina no tiene relación alguna con el hierro, y que, al mismo que este, pertenece en su mayor parte a la composición de los silicatos de hierro; debe hallarse en el mineral como una materia arcillosa.
 - 6°.- Que los tenores en óxido de calcio son bajas y, en su mayor parte corresponde al sedimento ferrífero ordinario. Beneficiosa

///////

hubiera sido su presencia en mayor proporción, por cuanto el carácter de nuestro mineral es muy silíceo.

- 7°. Que el azufre está presente en cantidades que oscilan entre 0,06 y 0,2 %. Acerca del estado en que este elemento se hubiera incorporado a la mena, no adelantamos opinión, sin desechar sin embargo la posibilidad de que en su totalidad haya correspondido a un sulfato de la sedimentación originaria, el que quizás podría haberse agragado algún aporte de aguas superficiales seleníticas. (pinita)
- 8°. Que los porcentajes en fósforo corresponden, sin duda, a un fosfato (apatita) existentes en todas las rocas en mayor o menor grado, y como su proporción varía entre 0,15 y 0,43, nuestra mena viene a quedar incluida dentro de los minerales denominados "fosforados". Pero, puesto que las determinaciones corresponden a comunes, no es dable establecer las leyes en fósforo tocantes a los seleccionados. Hay posibilidad de un mayor porcentaje de fósforo en los minerales más silíceos; como veremos más adelante, es variada la proporción del fósforo en este tipo de mena sedimentaria.
- 9°. Que la pérdida al rojo se debe a la humedad del mineral, al agua contenida en la sílice hidratada y, quizás, a algún otro compuesto de hierro además de la hematita. Un ensayo efectuado sobre el residuo insoluble (cuarzo y sílice hidratada) de una muestra seleccionada de los Tomates, dió 9 % de pérdida al rojo. Los valores establecidos no tienen ninguna relación con los tenores en hierro y calcio entre 4 y 7 %, llegando a 11% en una muestra del afloramiento del arroyo del Potbero correspondiente a un mineral lavado.

Si nos atenemos a las muestras de mayor porcentaje, aún cuando disponemos de suficientes análisis, creemos que tomándose en consideración únicamente el mejor mineral, cuya selección es posible mediante simples observaciones prácticas basadas en el aspecto del mineral su peso calculado a mano, llegaríamos a menas con leyes de 45 a 50 % Fe y con un porcentaje en sílice de 15 a algo más de 20 % residuo insoluble.

Veamos, ahora, a título ilustrativo, el comportamiento de los elementos nocivos de los minerales de la sierra de Zapla y de las Capillas, en el proceso de los altos hornos, ateniéndonos a los conceptos generales de que se dispone a su respecto (1).

Dejamos desde ya expresa constancia de que, en cualquiera de los casos, el mineral a tratar será silicoso. Aproximadamente $\frac{1}{20}$ del silicio contenido es reducido y pasa a la guisa, en tanto que el resto se incorpora como silicatos a la escoria. Del contenido total en manganeso quedarán $\frac{2}{3}$ en el hierro fundido y la diferencia en la escoria; este elemento elimina parte del azufre que, de otro modo, iría a la guisa. Casi todo el fósforo se incorpora al hierro fundido y muy poco va a la escoria, aunque si ésta es muy básica aumenta la proporción. En condiciones óptimas de trabajo, se consigue que sólo 0,05 % del azufre pasen a la guisa; su presencia es perjudicial e independiente del estado de combinación en que se encuentre. El titanio, cuando, no se halla en proporciones elevadas, puede ser eliminado en la escoria, sobre todo si ésta es de carácter básico (calcica o magnésiana).

VII

C u b i c a c i ó n

Aun cuando se ha verificado la presencia del mineral en un recorrido de 24 kilómetros, con diferencias de altura en los afloramientos entre 1130 y más de 1500 metros, y al considerar su origen sedimentario que habla en favor de una acumulación muy apreciable, sin embargo, dentro del concepto minero no sería correcto determinar el "mineral visible" del yacimiento, mientras falten labores que permitan establecer definitivamente sus límites en todo sentido, como la misma palabra lo expresa; en cambio, se puede calcular el "mineral probable y el posible", si bien por ahora dejaremos de lado este

(1) OSSAN B. Lehrbuch der Eisenhüttenkunde. Leipzig, 1923.

- TURNER T. The Metallurgy of Iron. London, 1920. //

último. Las apreciaciones, tanto respecto de uno como de otro, dependen lógicamente del criterio en que se base el técnico al abordar este problema. Las cifras a que arriba no señalan sinó valores relativos, pero, conjuntamente con las leyes medias que haya establecido a base de observaciones superficiales y con otros factores, tendrán utilidad para recomendar los imprescindibles trabajos previos de exploración, sin los cuales será siempre aventurado llevar adelante cualquier empresa minera.

Para el cálculo del "mineral probable" que detallamos a continuación, se parte de la base de que el horizonte ferrífero no ha sufrido ningún desplazamiento, es decir que su actual posición con respecto a los sedimentos circundantes, es la misma que tenía cuando se depositó originariamente.

Y, al encarar esta determinación, tendremos presente el perfil del afloramiento del primer horizonte (lín. IV); partimos del punto más bajo, vale decir del arroyo de los Matos, sin tener en cuenta la parte que se extiende al norte del citado arroyo, por carecer de mayores datos. El área comprendida por la línea de los afloramientos por la horizontal trazada del punto más bajo mencionado y por la vertical en el abra de los Tomates, asciende a 5.500.000 m². El espesor medio del banco lo estimamos, como máximo en 2,00 metros, cifra supuestamente constante en profundidad. Luego, el volumen total del mineral comprendido en la sierra de Zapla, principalmente, llegaría a 11.000.000 m³, y su capacidad— con una densidad media de 3,3— a 36.000.000 toneladas de mineral probable, en cifras redondas, con una ley en hierro que oscilaría entre 30 y más de 50 %, siempre que en profundidad el mineral posea igual composición que en los afloramientos, lo cual quizás no siempre ocurra, no solo por las irregularidades propias de la sedimentación, sinó también por la presencia de los silicatos de hierro en masa, no alterados, cuyo contenido en Fe, como ya se ha demostrado, es menor.

//////////

Otro cálculo más conservativo sería el de solo tomar una franja de 100 metros de profundidad a lo largo de todo el afloramiento, con lo cual se llegaría a establecer, por igual procedimiento, 16.000.000 de toneladas, lo cual representa casi la mitad del cálculo anterior. La profundidad asignada en este caso es mínima, pero a pesar de ello resulta evidente la magnitud del yacimiento.

Las cifras expuestas corresponden a todo el material del horizonte, en que - como sabemos - comprende mineral bueno y malo, por cuya razón hemos operado a base de una moderada densidad de 3,3. La cantidad aprovechable - mena seleccionada - representa solo una fracción de aquéllas, que no es dable aún establecer; sin embargo, las observaciones oculares sobre los diversos afloramientos nos inducen a suponer que han de alcanzar quizás a la mitad o algo más de las cantidades calculadas como "mineral probable". Por otra parte, no hemos tenido en cuenta el mineral del banco del abra de Minas; con todo ello y haciendo cálculos mínimos, llegamos a la conclusión de que estamos en presencia del yacimiento de hierro más grande del país, el cual merece un estudio más detenido y trabajos de exploración, a fin de esclarecer sus características en profundidad.

A fin de facilitar comparaciones, se presenta a continuación una breve reseña de los depósitos de hierro más importantes del país, estudiados por esta Dirección; se podrá apreciar en ella la situación tipo del mineral, leyes y capacidad, la cual, como en el caso de los yacimientos jujeños, no se refiere sino al "mineral probable".

Buenos Aires - Costa Atlántica: Arenas con magnetita, situadas a lo largo de la costa atlántica, entre Mar del Plata y Necochea y, en particular, los médanos de Miramar, Mar del Sud, Necochea y sus alrededores. La ley en estos últimos varía entre el 2 y 6 y hasta el 10 % Fe, con un contenido en TiO_2 del 0,4 al 1 % y más. Se calcula en 550.000.000 de toneladas la capacidad total de los médanos, con tenores que oscilan entre 2 y 10 % Fe; de ellos 80.000.000 t repartidas entre Miramar, Necochea y márgenes del río Claromecó con 5% Fe y 1 % TiO_2 ; el resto tendría 2,5 % Fe y 0,3 % TiO_2 . Su aprovechamiento constituye todavía un problema técnico-económico de-

///////

-biado a su amplia distribución y a su baja ley en Fe, principalmente (1).

Catamarca - "Filo de la Cortadera": A 25 km al norte de Tinogasta y a 2400 m s.n.m. Se trata, al parecer, de un cuerpo lenticular de hematita en ganga de cuarzo y otros minerales, visible en 160 m, con un espesor creciente de 1 a 25 m. La cantidad de mineral probable, según LANNEFORS (2), admitiendo una profundidad de 100 m, ascendería a unas 300.000 t con leyes medias de 25 a 30 % Fe. KITTL (3) lo estima en 1.000.000 de toneladas. Los seleccionados darían 40 a 46 Fe, con 28 a 40 % de residuo insoluble. En esta mina hay diversas labores hasta 18 m de profundidad.

Córdoba - Aguada del Monte: A 115 km al NE de la población de Quilino. Las vetas ferromangáníferas tienen en la mina "9 de Julio" un recorrido total de 1.500 m, un ancho medio de 1,00 m y tenores medios aproximados de 15 a 30 % Fe, con 15 a 25 % Mn. Los minerales son: hematita, limonita, psilomelano en ganga de ópalo de la roca de caja. Hasta una profundidad de 45 m, las reservas probables ascenderían a 230.000 t de mineral ferromangánífero. Hay concentraciones locales de hematita de buena calidad (4). Este yacimiento proporcionaría menas para "spiegeleisen" y para ferromanganeso.

La Rioja - Cerro Negro: En el macizo de Famatina existen numerosas vetas portadoras de siderita mangánifera con minerales oxidados en la superficie que fueron antiguamente explotadas por plata. Comprenden las minas "Santo Domingo", "La Viuda", "San Zacarías" y "San Andrés", situadas a unos 35 km al oeste de Chilcito y a una altura de 4.000 y más metros s.n.m. Las vetas poseen una potencia de 1,50 a 2,00 m y más en partes, con un contenido en hierro de 30 a 39 % Fe con 9 a 17 Mn (muestreado de las guías mineralizadas) y un residuo insoluble de 5 a 19 %. La mena de este distrito es apta para la fundición especular. No se conocen apreciaciones sobre la cantidad disponible, que se supone sea grande (5).

Mendoza - Hierro Indio: A 220 km al OSO de San Rafael y a 2.250 m s.n.m. Se conocen dos cuerpos principales y otros menores con hematita y magnetita en ganga de minerales de contacto y de cuarzo. Es el mineral más rico que se conoce en el país. Algunos comunes han dado 63 % Fe con sólo 6 % de residuo insoluble. El cuerpo del sur tiene 80 m de largo por 25 m de ancho y el del norte 140 por 10 m, respectivamente. RIGAL estima como mineral probable unas 370.000 t (6).

- (1) LANNEFORS N.A. - Posibilidad de explotar el hierro que contienen los médanos cercanos a la costa sur de la prov. de Bs.As. - Direc. Gral. de Minas, Geol. e Hidrol. Public. N° 76. Bs.As., 1930.-
- (2) LANNEFORS N.A. - La mina de hierro "El Filo de la Cortadera" (Tinogasta) Catamarca. Id., Id., Id., Public. N° 71 - Bs.As., 1930.-
- (3) KITTL E. Informe sobre la mina de hierro "Filo de la Cortadera" Bol. Acad. Nac. Ciencias de Córdoba, T. XXIX, págs. 329-332. Bs.As., 1926.-
- (4) ANGELELLI V. Informe geológico s/ las minas de baritina de El Portezuelo y las de manganeso y hierro de A. del Monte, dpto. Sobremonte, prov. de Córdoba. Direc. de Minas y Geología, Bs. Aires, 1936.-
- (5) RIGAL R. - Informe geol. s/ minerales de hierro y carbón de la sierra de Famatina, La Rioja. Direc. de Minas y Geol. Bs. Aires, 1940.-
- (6) RIGAL R. - El yac. de magnetita de Hierro Indio y otros menores del dpto. San Rafael, Mendoza. Direc. de Minas y Geol. Bs.As., 1940.-

Salta - Las Lagunillas: Mina "Inca", situada a 130 km al NO de la ciudad de Salta y a una altura comprendida entre los 3.700 y los 3.900 m s.n.m. Hay varias vetas con hematita en ganga de cuarzo con turmalina; se distinguen dos principales cuya capacidad se estima en 124.000 t de mineral probable, con leyes comunes de 25 a 40 % Fe. Los seleccionados dan hasta un 58 % Fe con 15 % de residuo insoluble (1).

Misiones: Costras de "tacurú" (material limonítico) existen en la parte austral de este territorio. Son mantos de variada extensión y de 30 a 40 cm de espesor en término medio. La ley media en Fe se estima en 20-30 %, y el tenor en anhídrido fosfórico en 0,4 a 0,5 %. BURCHARD cree en la existencia de 2000000 toneladas (2).

Los Andes - Los Cobres: A 67 km al norte de San Antonio de los Cobres. Trátase de varias vetas que afloran en algunos centenares de metros, con espesores de hasta 3,00 m. El mineral principal es limonita, con escasa hematita, en ganga silíceo. Superficialmente los minerales dan un 40 % Fe y más de 50 % los seleccionados, con escaso residuo insoluble. Poco se conoce en concreto sobre esta acumulación ferrífera. Otro tanto puede decirse de los yacimientos de Agua del Desierto, situados a 250 km al este de San Antonio de los Cobres, que son de hematita (3).

VIII

Consideraciones generales

sobre el aprovechamiento de los minerales de Zapla

Lejos de pretender sentar conceptos definitivos en cuanto al grado del aprovechamiento siderúrgico del mineral, ya que para hallarse en condiciones de hacerlo es preciso tener en cuenta una serie de factores económicos que, por el momento, no se pueden precisar en su totalidad, procuraré, con las consideraciones que consigno más abajo, contribuir a la solución del problema que debe resolverse en el futuro mediante nuevos y más detallados estudios. Habrá que tener en cuenta no sólo los indispensables reconocimientos mineros, sino también las condiciones relativas al aprovechamiento metalúrgico del mineral, temas que, en cada caso, deberán resolver los

- (1) ANGELELLI V. Los depósitos de hematita de la región de Las Lagunillas -Mina "Inca", prov. de Salta. Direc. Min. y Geol. Bs. As., 1941.-
- (2) BURCHARD E.F. Mineral de hierro en el territorio de Misiones. Direc. de Minas, Geología e Hidrología. Bs. Aires, 1925.-
- (3) SGROSSO P. Contribución al conocimiento de la minería y geología del NO argentino. Direc. de Minas y Geol., Bs. Aires, 1939.-

técnicos de la especialidad.

Desde luego, y dado el carácter del presente informe, habremos de considerar en primer término la capacidad del yacimiento y la ley media de su mineral. Se ha dejado establecido que el "mineral probable" asciende a unos 36.000.000 t, a cuyo resultado se ha llegado solamente en base a los afloramientos; de esta cantidad no ha sido posible determinar con exactitud la cifra correspondiente al mineral seleccionado contenido en el probable, de la cual habrá que partir al efectuarse cálculos de carácter económico. Es, pues, evidente la necesidad de practicar trabajos de exploración para llegar a definir el "mineral visible" y su ley media aprovechable. Y, desde luego, dada la magnitud del yacimiento será necesario elegir la zona más apropiada a tal efecto y, conforme a los resultados que se obtengan, continuar o no las exploraciones subsiguientes. Por su situación, por la favorable posición del horizonte ferrífero, por las facilidades relacionadas con los trabajos a realizar, como asimismo por la calidad del mineral de los afloramientos, sostengo que la mejor fracción es la del sur, a saber, la comprendida entre el abra de los Tomates y el arroyo de la Hondura.

El plan que habría de llevarse a cabo se basaría en la exploración del banco por medio de perforaciones, método rápido y económico que permitiría reconocer la magnitud de la sección y, conjuntamente, investigar el carácter del mineral a distintas profundidades.

Dicho plan comprendería los siguientes trabajos:

- 1º - Ejecución de unas 20 perforaciones verticales de 100 m de profundidad como máximo, las cuales deberán ubicarse, en la posible, en los puntos más bajos del relieve a objeto de ganar profundi-

dad con respecto a los afloramientos. Algunas perforaciones podrían ser inclinadas, por el fin de tener datos de puntos intermedios entre los de superficie y los de las perforaciones verticales. No es posible por el momento, opinar a que distancia deberán situarse las perforaciones, por la falta de plano de detalle y por las irregularidades del terreno.

2°.-Descubrir el horizonte mediante escarpes cada 50 m si es factible, con el objeto de estudiarlo con detención, estableciéndose sus espesores y leyes medias y en especial la potencia y tenores de las capas más ricas en hierro.

3°.-Relevar en escala 1 : 10.000 la zona a explorar, de 7 km de longitud, por línea de ancho, con curvas de nivel cada 10 metros. Tal plano permitirá preparar un perfil a lo largo del banco ferrífero, ubicar las perforaciones y, como consecuencia, considerando los espesores del mismo, ubicar la fracción estudiada del yacimiento.

De procederse de acuerdo con este primer plano de exploración, perforando hasta la profundidad máxima indicada, y admitiendo la constancia del espesor de 2 m, se tendría como resultado la comprobación de la existencia de unos 4.000.000. de t, cifra parcial que, sin embargo, señalaría la mayor acumulación de nuestras reservas de minerales de hierro, en la mejor zona del yacimiento de la sierra de Zapla y estudiando mediante importante labores de exploración. La continuación de estos trabajos hacia el norte dependerá, naturalmente, de los resultados que se obtengan en la zona comprendida entre el abra de los Tomates y el arroyo de la Hondura, los cuales establecerán aproximadamente el monto de la mena aprovechable, que es de capital importancia en esta investigación, como así mismo sus tenores en hierro y en residuo insoluble.

Los gastos que demandaría esta exploración se exponen por separado al final del presente informe.

////////

Podríamos calcular a base de un mineral seleccionado, con un máximo de hierro y un mínimo de sílice, como el que evidenciado los análisis en varios casos con leyes de 58 - 56 - 52 y 48 % Fe con 12 - 14 - 23 y 21 % de residuo insoluble, respectivamente (minerales de la zona sur), pero en la práctica, dada la naturaleza de la mena, los tenores en hierro y en sílice han de variar, naturalmente, dentro de un margen de algunos por ciento y, por esta razón, y para mayor seguridad, ateniéndonos a los minerales de superficie, optamos por operar a base de una mena con 45 - 50 % Fe y con 15 hasta más de 20 % de residuo insoluble.

Diffícil resulta pensar en una concentración mecánica que permita eliminar parte de la sílice contenida en el mineral, lo que indudablemente sería deseable, debido a la distribución de la misma y al tamaño de los granos de cuarzo.

Con estas características de la mena, veamos si ella es o no beneficiable en los altos hornos. Ante todo conviene recordar que un fuerte porcentaje en sílice requiere mayor uso de calcáreo y, por consiguiente, de combustible. Todo ello, como es comprensible, encarece el costo de la guisa y disminuye la capacidad de los hornos. El hierro obtenido de esta clase de mineral contiene un elevado tenor silíceo. La mezcla de una mena silícica con una calcárea aminora los efectos de la sílice, y es lo que se recomienda en estos casos, pero hasta la fecha no tenemos noticias de la existencia de un mineral ferruginoso calcáreo en nuestro país.

Los minerales de hierro que se tratan comúnmente en los altos hornos tienen un contenido en sílice que oscila entre 6 y 10 %. En la beneficiación de minerales muy silíceos se han ideado algunos métodos, entre ellos el de Brassert o de la ceniza de soda aplicado por la United Steel Plant en Inglaterra y por la Hermann Goering en Alemania. Esta última empresa lo utilizaría en el tratamiento mineral de Salzgitter que posee en común solo 30 % Fe, 25 % de resi-

duo insoluble, 1,6 % Mn y elevado tenor en fósforo. Según WRIGHT (refiriéndose a las plantas de Inglaterra, mediante dicho método "la mena se funde en altos hornos sin tener cuidado del azufre contenido en la guisa, siempre que la escoria resultante posea elevado porcentaje de sílice, siendo la relación entre sílice y cal de 1:1. El tenor medio del azufre del hierro fundido (0,3 %) es reducido a 0,13 % mediante la introducción de una mezcla de ceniza de soda, fluorita y calcáreo en el fondo del crisol (65 t) dentro del cual la guisa es volcada y transferida del alto horno al mezclador (1200 t). El azufre y la sílice de la guisa son absorbidos por la soda y la fluorita y forman una delgada capa de escoria, que se elimina del crisol, antes que el hierro fundido sea volcado en el mezclador. En el crisol, al pasar la guisa desde el mezclador al convertidor Bessemer, se usa más de la mezcla de ceniza de soda, y la ley en azufre se reduce a 0,08 %. Un total aproximado de 20 libras de ceniza, 20 de fluorita y 40 de calcáreo- que cuentan en total 15 centavos de dolar- es lo que se consume por tonelada de guisa. En el convertidor Bessemer el tenor en azufre se reduce a 0,03 % mediante el uso de ferromanganeso".

Hé aquí, pues, un método tal vez apropiado para el tratamiento del mineral silicoso de la sierra de Zapla y de las Capillas, el cual, salvo la sílice y el fósforo, no contiene otra impureza que acarree mayores dificultades (2).

En la siderurgia el combustible más empleado es el coque, el coque metalúrgico, obtenido de la destilación de la Hulla en retortas.

(1) WRIGHT W. Ch., The Iron and Steel Industries of Europe. United States Department of the Interior, Bureau of Mines. Economic Paper, 19 Washington, 1939. Pág. 25.

(2) Sería conveniente hacer ensayos con el mineral en cuestión siguiendo el proceso Krupp, denominado también el de la "esponja de hierro" se trata de la reducción del mineral en hornos giratorios, una vez molido y mezclado con carbón. De este tratamiento se obtienen glóbulos metálicos que una vez separados de la escoria se refinan en hornos Siemens-Martin o en hornos eléctricos. Este método fue creado para minerales de baja ley, siendo factible el uso del carbón de leña.

//////////

Este mineral debe llenar varios requisitos, como ser compacto, poroso, tener una determinada resistencia a la compresión, etc. Ciertos países que carecen de yacimientos de carbón apropiado para la obtención de dicha clase de coque, recurren al carbón de leña, y en el basan su industria siderúrgica el Brasil y Chile. Sin embargo su empleo es limitado, porque no obstante presentar ciertas ventajas (menor consumo frente al coque, mayor pureza, etc.) tiene también el inconveniente de ser menos homogéneo en su composición por proceder de diversas maderas, su volumen es causa de reducción en la capacidad de los hornos, y a ello se agrega su precio algo más elevado.

¿Cuál es la situación de nuestros depósitos de combustibles sólidos? Conocemos algunos yacimientos de carbón en las provincias de San Juan, Mendoza y en los territorios de Neuquén y Río Negro; en la mayoría de los casos poco sabemos sobre su capacidad, y, a gran distancia de Jujuy, son lignitos con variado porcentaje en cenizas. De estos carbones no se obtienen coques metalúrgicos, y es así que, tanto Chile como Brasil deben echar mano del carbón de leña o mezclarlo, como hará el Brasil en su nueva fundición de Volta Redonda, cerca de Río de Janeiro, con carbón importado, a fin de preparar un producto adecuado. En ambas repúblicas se benefician minerales de alta ley en hierro y de bajo contenido de residuo insoluble.

Las asfaltitas de Neuquén y de Mendoza, que constituyen hoy por hoy nuestra fuente más importante de combustibles sólidos, dan en su proceso de destilación un coque, que una vez comprimido resultaría semejante al tipo metalúrgico, pero cabe preguntar si ello resultaría económico.

No queda sino el carbón de madera como único combustible a emplear; por ahora, en Jujuy. Hemos dicho que el yacimiento está comprendido en una zona boscosa, en la que ya trabajan algunas carboneras. De las maderas existentes, las más apropiadas para un car

//////////

bón duro, son: cebil colorado, guayacán, palo amarillo, lanza, noguina, quebracho colorado, lapacho y otras. Y si bien es amplia el área cubierta por bosques en la región en estudio y en las circundantes, desconocemos la capacidad por hectárea de especies de madera dura.

Los datos referentes a rendimiento de la madera y a su precio actual por tonelada, que nos han sido proporcionados en los lugares donde se fabrica carbón, son: 1 m³ de leña de quebracho da 8 bolsas de carbón de 14 kg c/uoo sean aproximadamente 100 kg, y de leña blanca unos 80 kg. Valor actual por tonelada \$ 40 .-Referencia de la pequeña explotación situada cerca del puente sobre el arroyo Pacará, en la estancia El Brete: 1 m³ de madera apilada daría 10 bolsas de 16 kg o sean 160 kg, y de leña fagina 5 bolsas o sean 80 kg de carbón. Precio por tonelada del carbón al por mayor, 25-30 \$. En la zona de El Cucho el rendimiento por metro cúbico de leña es de 70 a 100 kg y el precio del carbón por tonelada, también al por mayor, se estima de 26 a 30 \$.

Sería, pues, necesario en el caso de una explotación del mineral de hierro y de su fundición con carbón de leña, realizar un estudio de las zonas boscosas estableciendo su extensión y rendimiento, como también investigar la calidad del carbón de las distintas maderas, su consistencia, tamaño y su comportamiento en el alto horno.

Un material esencial en las fundiciones de hierro es el calcar cuyo objeto es eliminar la sílice y otras impurezas, al estado de silicatos, en la escoria. En la región del yacimiento puede disponerse de este material, y si bien en el sitio donde se le ha explotado (Culera) no forma acumulaciones importantes, lo hemos verificado en las cercanías del arroyo de los Matos y también en cantidades apreciables en la zona de San Juancito y en otras partes, como la falda de la serrera de Zapla.

Resumen

- 1°.-El yacimiento hematítico-thuringítico de las sierras Subandinas de Zapla y de las Capillas está situado al este de la ciudad de Jujuy, en el departamento de la capital; su extremo sur dista 30 km al SE y el norte 43 kilómetros al NE. Hay tres caminos que conducen al yacimiento o a sus inmediatas cercanías; dos van al sur (abra de los Tomates y arroyo de la Hondura) y uno al norte (río de las Capillas). En el banco principal, los afloramientos, en la sierra de Zapla, están comprendidos entre 1130 y 1550 m de altura, y los de la sierra de las Capillas, entre 1130 y 1600 metros s.n.m. La manifestación ferrífera en el abra de Minas se encuentra a 2.300 m. La longitud total inspeccionada asciende a 24 km. Casi toda la región se halla cubierta por vegetación boscosa, muy exuberante en ciertos sitios, la cual dificulta las observaciones. Diversos arroyos cortan el horizonte ferrífero, existiendo además dos ríos: el de las Capillas y el Grande.
- 2°.-Participan en la constitución geológica de las sierras sedimentos paleozoicos principalmente, representados por areniscas cuarcíticas blancas, y rojizas, en menor proporción. Al oeste, estas rocas pasan a sedimentos areno-micáceos, algo arcillosos, de colores verdosos y grisáceos. En esta serie se halla el horizonte ferrífero. En diversos puntos se encontraron Scolithus y Cruziana. La formación Petrolífera con su Horizonte Calcáreo-dolomítico está presente en Calera y en la cercanía del arroyo de los Matos. La zona comprendida al oeste de la sierra de Zapla y al sur de Capillas está constituida por terrenos terciarios (Terciario subandino).
- 3°.-El banco ferrífero principal queda al pie de la falda occidental del núcleo central de la sierra de Zapla y se le puede seguir desde el abra de los Tomates hasta el arroyo de los Matos (sierra de las Capillas), en una extensión de 24 km. En su zona sur corre con rumbo general NNO-SSE, e inclinación de 70 a 20 ° al O y su potencia varía entre 1,50 y 4,00 m. Desde algo al norte del arroyo de la Hondura hasta Loma Bola, el horizonte ferrífero sigue dirección casi norte-sur, con buzamiento al este. Desde el afloramiento del arroyo Tutimayo, arriba, hasta el de los Matos, vuelve a su anterior posición al oeste, con espesores de 1,50 a 3,00 m. En algunos puntos de este tramo existen dos bancos separados escasamente por sedimentos areno-micáceos. Un segundo horizonte, desde el punto de vista minero, se observa en el abra de Minas, en las cercanías del cerro Labrado. Los afloramientos se destacan a menudo en forma de eminencias, como ser en El Mojón, en el arroyo de la Hondura, etc.
- 4°.-El mineral presenta coloración rojiza con distintas tonalidades; es compacto, de estructura de grano fino, y su densidad varía de

///////

3 a 3,90. Está constituido por hematita (en pseudomorfosis según clorita), cuarzo, y mica manchada de rojo. En todos los afloramientos se nota que no toda la masa es homogénea, pues se definen capas de distinta composición cuantitativa, algunas muy ricas en hierro, de varios decímetros hasta de un metro de espesor.

- 5°. El origen del yacimiento es sedimentario, y la hematita procede de la alteración atmosférica de cloritas (silicatos de hierro y aluminio hidratados). Es posible que una de ellas sea la thuringita. La alteración de estos silicatos, muy ricos en óxido ferroso según análisis, ha dado lugar a la formación de sílice hidratada. En profundidad, algunas zonas del material primario serán menos ricas en hierro y más en sílice, por cuanto se ha comprobado una extracción de ciertos elementos en el mineral superficial.
- 6°. Frente a la magnitud del yacimiento, son pocas las muestras tomadas en los afloramientos. Los análisis de los comunes de la zona sur han revelado mayores porcentajes en hierro. Los tenores en hierro de los comunes oscilan entre 38 y 58 % para la zona sur, y entre 30 y 35 % para la zona norte. El residuo insoluble, (cuarzo y sílice hidratada principalmente) es elevado, y en los minerales más ricos alcanza un mínimo de 11 a 16 %. El manganeso se presenta en pequeñas cantidades, como así mismo el calcio y hasta el titanio. El azufre varía entre 0,06 y 0,2 %, y el fósforo entre 0,16 y 0,43 %. Los minerales cloríticos son más ricos en este último elemento. Y, finalmente, la pérdida al rojo oscila entre 4 y 7 %, en términos generales. Se cree que por selección se puede llegar a obtener una mena de 45 a 50 % Fe con 15 y algo más de 20 % de residuo insoluble. Su carácter es, pues silicoso.
- 7°. No es posible establecer "mineral visible", por falta de labores. El "mineral probable" correspondiente al banco principal, desde el abra de los Tomates hasta el arroyo de los Matos, se estima en 36.000.000 de toneladas. Un cálculo más conservativo, basado tan solo en una franja de 100 m de profundidad, siguiendo los contornos de la línea de los afloramientos hasta cerca del arroyo del Zanjón, daría alrededor de 16.000.000. Con esto queda evidenciada la capacidad de este yacimiento, el más grande de todos los conocidos por esta Dirección, hasta la fecha, en nuestro país. Tampoco es posible, por el momento, determinar la fracción aprovechable, es decir la perteneciente a la mena seleccionada.
- 8°. Se propone un plan de exploración mediante perforaciones en la zona sur, entre el abra de los Tomates y el arroyo de la Hondura, con el objeto de estudiar el mineral en profundidad y sus leyes aprovechables. Las exploraciones al norte de dicha zona dependerán, naturalmente, de los resultados que allí se obtengan, los que en el mejor de los casos permitirán cubicar unos 4.000.000 de toneladas. Se re-

//////////

comienda un estudio metalúrgico de la mena en cuestión, por tratarse de un mineral silicoso; para su tratamiento, quizás sea apropiado el método Brassert o de la ceniza de soda. Se aconseja por el momento, para su fundición, el empleo de carbón de leña, que puede obtenerse en la región o en sus inmediatas cercanías, a cuyo efecto deberán realizarse estudios sobre la capacidad de los bosques, tipos de carbón, tamaño, etc.

Diciembre de 1941.

Costo de la exploración prevista

entre el abra de los Tomates y el arroyo de la Hondura

1º.-Perforaciones: Se optará por una máquina rotativa liviana(Jacques) de 150 m de capacidad, perforándose a munición. Se comenzará con un diámetro inicial de 30 mm para terminar en 72 mm. Los testigos se sacarán en la proximidad del nanto y a través del mismo, hasta su piso. Conforme a la dureza del sedimento que contiene el banco ferrífero, se estima el avance diario en 3 m, resultando, en consecuencia, que la duración de una perforación de 100 m demandaría 25 días de trabajo. El tiempo que llevaría la realización de las perforaciones, teniendo en cuenta que no todas alcanzarán la profundidad de 100 m, sería de 12 meses de trabajo.

El costo total, que se calcula en CATORCE MIL QUINIENTOS PESOS /n, se distribuiría en los siguientes rubros:

a)Jornales por mes	\$ 800.....en 12 meses....	\$ 9.600,-
b)Combustibles	" 100....." " "	1.200,-
c)Materiales de consumo	" 20....." " "	240,-
d)Transp.ferrovierio(Es.As.-Jujuy y viceversa).....	"	600,-
e)Transporte hasta el yacimiento.....	"	400,-
e)Viáticos Inspector de Perforaciones.....	"	400,-
f)Gastos varios(movim.de campamento, mensajero,etc.)...	"	1.500,-
g)Gastos imprevistos.....	"	560,-
		<u>Total: 14.500,-</u>

2º.-Trabajos de limpieza y escarpes en los afloramientos cada 50 m aproximadamente, por contratación de servicio..... " 3.000,-

3º.-Relevamiento planialtimétrico en escala 1:10.000 a lo largo del afloramiento, en una extensión de 7 km por cerca de un kilómetro de ancho. Este trabajo deberá realizarse una vez que estén listos los trabajos en los afloramientos y ubicadas las perforaciones. Duración, dos meses....." 4.500,-

TOTAL: \$ 21.000,-

Luego, el monto total que demandaría la realización de este importante exploración ascendería a VEINFIUN MIL PESOS MONEDA NACIONAL