

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

DIRECTOR: JOSE G. AGUILERA

RECONOCIMIENTO
DE
ALGUNOS CRIADEROS DE FIERRO

DEL
ESTADO DE OAXACA

POR
Y. S. BONILLAS



MEXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Primera Calle de Betlemitas núm. 8

—
1911

RECONOCIMIENTO

DE

ALGUNOS CRIADEROS DE FIERRO DEL ESTADO DE OAXACA

POR Y. S. BONILLAS

(Láminas LXXVI á LXXIX)

Introducción

Los siguientes datos sobre los criaderos de fierro de "La Abada" ó "El Palo de Yacue," "El Carnero," "El Aguacate" y "La Fierrosa" son el resultado de visitas de uno ó dos días en cada punto, hechas en un reconocimiento de la parte Oeste del Estado de Oaxaca durante parte de los meses de Mayo y Junio de 1908, en compañía del Sr. Dr. G. R. Wieland. La posición geográfica de los criaderos está indicada en el croquis general de esa parte del estado que acompaña.

El poco tiempo dedicado al examen geológico y las dificultades que se presentan al hacerlo debido á la gruesa capa de descomposición y á la abundante vegetación en todos los lugares, y la falta de trabajos de exploración, hacen que estos datos sean incompletos y que no se pueda precisar la extensión de los depósitos. Pero la naturaleza y tipo de los criaderos son bastante claros y se pudie-

ron conseguir las rocas bastante frescas en que están los metales.

La geografía y geología general de toda esta región han sido presentadas por el Sr. Ing. Teodoro Flores, en el Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo V, página 107.

Damos las gracias á los señores empleados de la Oaxaca Iron & Coal Co. por la información que facilitaron para estos reconocimientos.

"La Abada"

El criadero de fierro llamado del "Palo de Yacue" ó del "Cerro Pelón" y denunciado por la Oaxaca Iron & Coal Co. con el nombre de "La Abada," está situado como á cuatro kilómetros en línea recta al S.W. del pueblo de Itundujia, y á seis kilómetros al N.E. de la Ferrería de San Rafael, todos en el Distrito de Putla. La bajada de Itundujia al Sur es muy grande y especialmente repentina en las calizas que forman la parte más alta de las montañas, donde hay precipicios hasta de 300 metros. Más abajo hay gneisses y esquistos muy alterados, en los que las aguas han formado largas crestas inclinadas y barrancas muy profundas que corren al S.W. al río Grande ó Atoyaquillo. En una de estas cañadas, la del Salto de Agua, y en una cresta llamada el Cerro Pelón se encuentran las vetas de este criadero.

A pesar de lo inclinado del terreno todas las rocas están cubiertas por tierra y una abundante vegetación, y sólo en el fondo de las barrancas, ó en uno que otro lugar deslavado no hay la arcilla micácea ferruginosa, producto de descomposición de los gneisses. Eso, y los

pocos trabajos mineros que hay, hacen muy difícil y necesariamente incompleto el examen geológico del criadero.

Las vetas de magnetita descubiertas son de un grueso máximo de 35 centímetros, con respaldos bastante regulares, pero con numerosas vetas más pequeñas, ramificándose de la principal. Siguen la dirección y echado del gneiss en que arman, lo que las hace variar bastante y tener una inclinación de 45° á 80° al S.W. Hay un sistema de pequeñas fallas ó deslizamientos perpendiculares á las vetas que les dan un carácter sumamente quebrado y discontinuo; también la forma general de cada depósito es de una lente que se acaba en una ramificación ó "stockwerk," comunicada más ó menos con otras lentes de metal, en la misma dirección. La irregularidad está aumentada por lugares donde una vetita se ensancha para formar una bolsa ó masa de magnetita hasta de medio metro de diámetro.

La magnetita que forma estas vetas es compacta, pero de grano cristalino fino. No tiene inclusiones de ninguna especie, ni se le ven granos de pirita ú otros minerales.

El análisis químico de una muestra da 69.97% de hierro y ningún azufre ó ácido fosfórico, lo que prueba la pureza del metal. Tampoco es irregular, pues en todas partes se ve igual.

Tanto en la barranca del Salto de Agua como arriba en el Cerro Pelón, las vetas están exclusivamente en el gneiss. Aquí es una roca no muy dura, con abundante biotita y cuarzo y plegada en ondas muy variables, formando anticlinales y sinclinales cerrados ó quebrados que se observan por diferencias en la composición y dureza de las capas del gneiss. Donde hay más substancias

ferruginosas la roca ha cedido más á las acciones atmosféricas y está más desintegrada. Lo contrario sucede donde hay vetas de cuarzo, que aparecen con suma abundancia en la parte alta de las crestas, pero que no tienen conexión alguna aparente con la magnetita y son evidentemente anteriores, puesto que todo el cuarzo está metamorfozido y comprimido, en tanto que la magnetita no muestra ninguno de esos fenómenos.

Muy cerca de los depósitos de magnetita hay unas capas de caliza cristalina y pizarra negra, cuya relación exacta al gneiss no está clara. La caliza es blanca, con bandas grises y negras, pero toda de cristalización uniformemente gruesa; tiene evidentemente indicios de que ha sufrido también metamorfismo por presión y movimiento, pues se lamina con facilidad por superficies con minerales secundarios, y todos los cristales de calcita están torcidos. La pizarra negra también está muy metamorfozada, aunque no está recristalizada completamente como el gneiss que la rodea. Contiene vetas de cuarzo en abundancia, y cristales de pirita diseminados, pero no tienen magnetita más que en granos muy pequeños y escasos.

Las vetas de magnetita terminan en sus ramificaciones ordinarias al llegar á la caliza ó á la pizarra, aunque parecen estar limitadas á las inmediaciones de esos cuerpos. Las observaciones que se hicieron fueron sólo en la superficie, y, por la naturaleza del terreno, no con cuidado alrededor de toda el área de caliza y pizarra, así es que las relaciones dadas entre los metales y estas rocas no se puede asegurar son generales.

Por el carácter cristalino de la magnetita y la forma de los depósitos con sus ramificaciones, así como la re-

gularidad de los respaldos, el origen de los minerales se puede asegurar es debido á la deposición en fracturas de los óxidos por aguas cargadas de ellos. De dónde provenían esas aguas es imposible decir con los estudios hechos. Las únicas rocas ígneas que hay cerca, son granitos al E. y S.W. y algunas andesitas al N.W., todas algunos kilómetros distantes, pero que, sin embargo, pueden haber sido la fuente del calor necesario, por lo menos. Como no tiene la magnetita nada de pyrita ni feldespatos ni otros minerales, no es probable que los minerales de hierro se hayan derivado de la segregación ó diferenciación de esas rocas. La influencia de la caliza y pizarra en la deposición, es también un punto sobre el que poco se puede decir. El efecto puede haber sido puramente físico, pues en la inmediación de esos cuerpos el gneiss se fracturaría con más facilidad, ó puede haber sido químico también afectando la precipitación ó la oxidación, pero sobre esto no se pudieron recoger ningunos datos.

El tamaño de las vetas y su localización hacen que su valor comercial sea muy pequeño, á pesar de la pureza del metal. Cuando se visitó el criadero, se estaban extrayendo como 500 ó 600 kilogramos de magnetita al día para la Ferrería de San Rafael, en la que se produce un fierro de bastante buena calidad. El trabajo de extraer unas cuantas toneladas de metal diarias y transportarlas adonde se pudieran utilizar, sería enteramente impráctico, y el depósito no tardaría en agotarse.

"El Carnero"

Los criaderos de magnetita llamados del "Carnero" toman su nombre de un cerro llamado así, situado como á veinte kilómetros en línea recta al E. de Atoyaquillo, en la parte oriental del Distrito de Putla, Oaxaca. Este cerro de cresta larga en dirección N.-S., está entre los ríos de Atoyaquillo y de Ixtayutla, cerca de su confluencia, y queda aislado de la masa general de montañas que están al Norte por un arroyo de corta extensión que corre hacia al Este y pasa al Norte del "Carnero." Las crestas muy inclinadas que se desprenden de las cumbres al Norte acaban en este arroyo, y al Sur de él sólo hay un lomerío irregular que va á terminar al Oriente, con el citado cerro del "Carnero."

Saliendo de Atoyaquillo al Este se cruzan cañadas y crestas que terminan en el río Atoyaquillo y se encuentran los gneisses y esquistos, micáceos y grafíticos, que son las rocas más antiguas de la región. La dirección de la laminación es muy variable, pero en las áreas más grandes tiene una dirección de Este á Oeste, ó un poco al S.E. Después vienen rocas eruptivas, granitos de poca extensión hacia la parte más alta de los cordones, y más adelante y abajo, rocas probablemente terciarias, andesitas, rhyolitas y muy pocas tobas rhyolíticas. De la ranchería de Siayo, como á 7 kilómetros en línea recta del "Carnero," las rocas que siguen son todas una andesita bastante metamorfizada y alterada, con pequeñas áreas de esquistos.

Cuando la gruesa capa de descomposición permite que se vea la roca fresca, se observa una estructura debida

á presión y movimiento que ha laminado algo á la roca, alargando los pocos fenocristales de feldespato y algunas inclusiones que hay, y produciendo muchas zonas pequeñas lenticulares, llenas ahora de minerales de alteración de color verde oscuro. También hay un sistema de fracturas en la roca, perpendicular al primero, que ha dado lugar á numerosas superficies de deslizamiento. Bajo el microscopio se ve una roca con fenocristales muy descompuestos y quebrantados. Algunos son de plagioclasa, extendidos más ó menos paralelos á la estructura debida al movimiento. Lo mismo sucede con algunas piroxenas, cuya composición exacta, así como la de los feldespatos, no se puede determinar por haber quedado muy irregulares los caracteres ópticos debido al quebrantamiento y alteración subsecuente. Las piroxenas están alteradas á magnetita y uralita de color verde claro y los feldespatos á kaolín y por silicificación, á veces quedan substituídos por cuarzo. La base ó materia de cristalización más fina de la roca está arreglada en zonas muy finas, semiparalelas, sin que haya, sin embargo, una diferenciación ó recristalización de las partes componentes. Los micro-cristales de feldespato y piroxena, aunque alterados, se ven quebrantados, pero no con nueva orientación paralela á la dirección del movimiento. Magnetita, además de la alteración, hay en cristales originales quebrantados. La uralita y hornblenda se formó durante y después del metamorfismo que movía la roca, pues se la encuentra tanto arreglada en zonas como en granos mayores sin atención alguna á la estructura.

- Poco al Este de Siayo se empiezan á ver abundantes indicios de fierro en forma de una capa de tierra muy

roja. Las piedras tienen masas de limonita irregulares y vetitas de cuarzo que aumentan en tamaño hacia el cerro del "Carnero." A tres kilómetros de éste se ven las primeras masas grandes de magnetita y muchos fragmentos rodados del mismo material. Las exposiciones que se pueden asegurar están *in situ* no son continuas, ni tienen apariencia de pertenecer á alguna veta; se presenta en un lugar una masa de varios metros cúbicos, y siguiendo líneas irregulares otros fragmentos á veces pegados á las rocas ó con inclusiones de ellas, y como no hay aquí ningunos trabajos de exploración, ni hay tampoco cortes naturales de alguna extensión, todos los indicios hacen suponer que la magnetita ocurra no en vetas de respaldos regulares, sino en depósitos de forma muy caprichosa y no continua. Hay sólo una condición que parece ser uniforme, y es que la mayor extensión de cualquier depósito coincide más ó menos con la dirección de la laminación de la andesita en ese punto.

También hay vetas de cuarzo de tamaño y extensión variables, pero que llegan á alcanzar medio metro de grueso y que contienen bastante fierro, en forma de hematita y limonita en la parte alterada, pero en lo más fresco como pyrita y magnetita. Estas vetas tienen una estructura maciza, sin que se distingan cristales idiomórficos de cuarzo. Su dirección no se sujeta á la laminación de la roca como los depósitos de magnetita.

Estas condiciones se encuentran hasta la base del cerro del "Carnero" y hasta los taludes y calizas al Norte. Por casi todos los arroyos se ven pedazos rodados de magnetita y las manchas rojas del terreno indican la existencia del metal abajo. El cerro del "Carnero" lo componen andesitas y traquiandesitas más recientes que

las que llevan los criaderos y que se extienden sobre las rocas más viejas. En estas rocas nuevas no se han encontrado depósitos de magnetita.

Al N.W. del "Carnero" se han hecho algunos pequeños trabajos para descubrir el metal, pero se han enterrado completamente y no fueron hechos con regularidad ó siguiendo el metal. También se hicieron algunos en las calizas al Norte sin encontrar magnetita, pero estos últimos están bastante lejos del contacto, que está completamente cubierto por gruesas capas de material rodado.

Los metales están oxidados en la superficie y se ve sólo una masa de magnetita y hematita mezcladas en cristales bastante grandes, con numerosos huecos. Contienen con mucha frecuencia los restos de feldespatos en forma de kaolín y también algo de la roca en que arma. Los pedazos que se pueden conseguir con menos alteración, y que son generalmente los que por haber sido rodados han perdido la parte blanda superficial, contienen mucha pirita, que por oxidación más rápida da lugar á los huecos que se notan de los fragmentos ordinarios. Los minerales son de textura muy irregular, pues en un ejemplar de mano se ven manchas de cristalización muy gruesa de pura magnetita, luego granos finos de hematita pura, atravesando todo lo demás.

El análisis químico de una muestra representante de los metales da el siguiente resultado:

Fe.....	65.25%
S.....	0.61 „
P ₂ O ₅	0.20 „

Las muestras fueron tomadas de la superficie, y están algo alteradas á limonita que da un color amarillento al polvo. La proporción de azufre y ácido fosfórico es bastante baja, pero puede aumentar localmente y también en profundidad.

Por las observaciones hechas, parece que los criaderos del "Carnero" pertenecen á la clase de depósitos de fierro muy comunes en el Oeste de América, que deben su origen á las emanaciones pegmatíticas que tienen lugar al fin de la consolidación de un magma. En este caso los únicos lugares en que se observaron los minerales están en la andesita que se formó de ese magma, pero es muy probable que en el contacto con las calizas del Norte, haya también depósitos considerables, como se han encontrado en casos paralelos, pero que aquí están cubiertos por material rodado.

La estructura cristalina del metal, la presencia de pyrita, feldespatos y ferromagnesianos en él, y la forma y asociación de los criaderos están todos de acuerdo con esa teoría de origen, discutida en el U. S. G. S. Bulletin 338, pág. 75, por C. K. Leith y E. C. Harden.

La cantidad de metal que hay en estos criaderos no se puede apreciar por la falta de exploración y por la naturaleza misma de ellos. En ninguna parte se observaron exposiciones continuas de más de cien metros que se pudieran llamar de una sola veta, pero hay áreas de mucha más extensión en que están esparcidos fragmentos de metal de todos tamaños, y otros lugares donde la capa de descomposición toma un color rojo muy subido por el óxido de fierro, producto de alteración de magnetita. Todo esto indica que hay mucho metal que no está visible, pero sí cerca de la superficie.

La posición geográfica y topográfica de esta región sería bastante favorable para la explotación de estos criaderos, si esa parte de Oaxaca llegara á un estado industrial más avanzado. Ahora hay muy pocos pueblos, no hay vías de comunicación ni se aprovechan otras riquezas naturales. Pero como los ríos de Ixtayutla y de Atoyacillo están muy cerca y su continuación, el Río Verde, también, con condiciones favorables para la generación de fuerza motriz, es probable que estos criaderos sean utilizados cuando se aprovechen muchas otras riquezas naturales que no se han tentado todavía.

“El Aguacate”

Como á 10 kilómetros al S.W. del pueblo de San Francisco Cahuacuá, en la parte Sur del Distrito de Nochixtlán, Oax., se han hecho algunos trabajos de descubrimiento en un criadero de magnetita denominado “El Aguacate.” Está situado sobre un cerro alto, al Este del cerro del Culebrón, en la división de las aguas entre el río Alazán, que pasa por Cahuacuá y se junta abajo de este lugar con el río Cahuacuá ó Peñoles, y un afluente del río de Santiago el Grande, cuyas aguas, como las otras, van á salir al río de Nochixtlán ó Ixtayutla. La topografía toma aquí formas arredondeadas aunque las pendientes son á veces muy largas é inclinadas, especialmente en dirección Norte y Sur, pero no hay precipicios y grandes trechos de roca descubierta como más abajo de los ríos mencionados, pues la descomposición de las formaciones da una tierra que se presta para una abundante y protectora vegetación.

El cerro donde están los metales de “El Aguacate”

está formado por una cresta larga en dirección casi de Sur á Norte que parte al Sur de los puertos divisorios de las aguas, y termina en su otro extremo en un pico alto de pendientes rápidas por todos lados. El metal se ha encontrado, como está indicado en el croquis (lámina LXXVIII) en puntos diversos del cerro. Primero al Norte, cerca de una cañada que corta la falda Este; luego 500 metros al Sur casi en la cresta del cerro, y más al Sur, por fin, en el extremo del cerro y en el principio de la pendiente Oeste.

Las rocas de esta región son un granito de hornblenda y biotita, y vetas de aplita, íntimamente relacionadas al granito, que pueden considerarse como los apófisis de la fase aplítica del magma. Por el camino de Cahuacuá se encuentra el granito inmediatamente en los cerros al Oeste, cubierto á veces por andesitas y tobas rhyolíticas y cortado por una ortophyra con fenocristales de ortoclasa hasta de 5 centímetros de largo. Hay en estas lomas, zonas de mucho deslizamiento en el granito en las que abundan vetas de cuarzo y de minerales de fierro demasiado descompuestos para apreciar su composición original. El granito tiene un carácter algo gneissico, pero es muy uniforme en su composición. Más al Sur aumenta el número de vetas de minerales de fierro, hay algunas irregularidades en el granito, tales como segregaciones é inclusiones básicas y comienzan á aparecer las aplitas. El granito no ha sufrido tanto movimiento aquí y la roca fresca no tiene ningún indicio de metamorfismo dinámico. Es de color bastante obscuro, con feldespatos algo rosados, pero pequeños, como casi todos los otros componentes. Uno que otro feldespato de primera consolidación más grande

que los otros cristales, y bastantes segregaciones de los ferromagnesianos, dan un aspecto manchado á la roca. En lámina delgada se ve un granito con cuarzo bastante escaso en granos alotriomórficos y pequeños, llenando espacios entre cristales de feldespatos, hornblenda, mica y magnetita. Los feldespatos son la mayor parte plagioclasa, de composición entre albita y oligoclasa, y algunas ortoclasas pequeñas bastante descompuestas. La hornblenda y la mica son bastante abundantes y, en algunos cristales, de crecimiento simultáneo. La magnetita está en cristales de sección cuadrada ú octagonal incluídos en todos los otros minerales, y especialmente abundante en las segregaciones básicas. Como minerales más raros, hay rutilio y zirconio en barritas incluídas en los feldespatos.

La aplita que se encuentra más al Norte de la masa de granito contiene abundante cuarzo y algo de biotita, con un 80 por ciento de feldespato, pero mientras más se acerca uno al "Aguacate," la proporción de este último mineral aumenta hasta que forma casi toda la roca, y le da una apariencia compacta blanca por ser de grano microscópico. Se altera con bastante facilidad y da lugar á manchas blancas en el terreno comúnmente ferruginoso.

Aunque por todas partes se ven indicios de fierro, las primeras localidades donde se ven los minerales con claridad, están como á un kilómetro al N.W. del "Aguacate." El granito está bastante agrietado y contiene algo de epidota, y en vetas de muy poco espesor, pero muy largas y con respaldos bien marcados, hay hematita cristalina y á veces micácea. Las vetitas están en todas direcciones, y al juntarse forman pequeñas bolsas en las

que hay una brecha cementada con el metal, que es siempre hematita, pues magnetita sólo hay en el cerro en que está "El Aguacate."

Los depósitos descubiertos más al Norte, en "El Aguacate," consisten, primero, en una masa de la que se ha expuesto una superficie de 4 por 10 metros en la falda W. del cerro. Aunque está en roca bastante descompuesta, los contornos de la masa son sumamente irregulares, con penetraciones de la roca, especialmente de la parte inferior. Parece terminar abajo en una superficie más ó menos horizontal, inclinándose hacia arriba en la parte Este, donde termina la labor, sin que se precise hasta donde siga la masa. En el lado de abajo (Oeste) la magnetita está cortada repentinamente por una intercalación de la roca, luego hay más magnetita por espacio de un metro, cuyo límite inferior no ha alcanzado el corte y que sigue más abajo de la masa mayor. Después de esta magnetita hay roca con muchos minerales de hierro mezclados y pequeñas vetas de ellos. A 10 metros al S.W. y al mismo nivel del piso del corte, entra un socavón con dirección al S.E., y luego de éste parte un crucero al N.E. que se encuentra con una masa de magnetita del mismo carácter que las de afuera. Por no haber encontrado metal antes el socavón y el crucero, se ve que las masas descubiertas en el corte abierto no continúan hacia el S.W.

Quince metros al N. del corte, en la falda de una cañada, se ha dado un tiro de 9 metros de profundidad, sin encontrar más que indicios pequeños de magnetita en los últimos 5 metros en que corta la roca. Por último, algunos metros al N.E. hay una pequeña excavación que no encuentra magnetita.

Como 150 metros al S.E. del corte abierto ya descrito, y como 50 metros más arriba de la falda del cerro, uno de los muchos trabajos pequeños que hay dados, se encuentra con un depósito de metal, que debe ser sumamente irregular, pues de un tiro dado al lado de la masa, parten cruceros en su dirección, y sólo encuentran el metal en bolsas, ó en lugares sin conexión alguna los unos con los otros. Otros trabajos dados hacia el N.W., no encuentran la magnetita, lo que indica que no hay conexión directa entre las masas de arriba y de abajo del cerro. Hacia el Norte de la masa de más arriba, hay dos lugares donde se ha descubierto magnetita, sin que haya suficientes labores para apreciar su tamaño.

La roca que rodea la magnetita, y que forma la mayor parte de esta parte del cerro, es el granito de más al norte, pero alterado de un modo tal, que sólo bajo el microscopio se le reconoce. Tiene la roca un color verdoso claro, muy manchado de fierro en parte y parece muy blando, á pesar de estar aquí mucho más dura que el granito original. Lo verde es debido á una gran cantidad de epidota que ha substituído los minerales ferromagnesianos y algunos feldespatos, y también á una silicificación de estos últimos. La epidota también se presenta en vetas de carácter compacto y llenando cavidades con cristales de algún tamaño.

El pico alto del Norte tiene muchas vetas de la aplita, no tan completamente alterada como el granito. Sin embargo, hay zonas donde hay la roca muy cruzada por vetas de epidota y bajo el microscopio se ve algo de silicificación y substitución de la ortoclasa por granos irregulares de epidota. En la aplita hay sólo vetas de algu-

nos milímetros de ancho de magnetita y hematita, cruzadas por las de epidota.

Los dos lugares donde está descubierta la magnetita en el centro del cerro del "Aguacate" son nada más excavaciones pequeñas que no han seguido el metal muy alterado que hay, ni han descubierto la roca fresca. Parece ser, sin embargo, del mismo carácter que la anterior, aunque hay aplita bastante fresca y sin epidota, y también se encuentran algunos pedazos rodados de caliza blanca, restos sin duda de erosión.

Los depósitos de más al sur, están descubiertos por cortes abiertos, muy enterrados cuando se visitaron, y que tienen el mismo carácter que los descritos primero, aunque no son de tanta extensión. Entre los tres lugares hay alguna magnetita en forma de fragmentos rodados, pero no están confinados á la zona directamente entre los metales descubiertos, sino que se pueden encontrar tanto al E. como al W., en las cañadas y las faldas de ellas. Las rocas también son las mismas y la epidotación se extiende con mucha generalidad y no siguiendo los lugares donde hay magnetita. Parece más bien seguir el granito alrededor de la aplita, aunque no ha afectado á esta última de un modo tan general como á la roca más antigua.

El metal de todos los lugares tiene un carácter igual. Consiste de magnetita y hematita en cristales bastante gruesos mezclados en ciertas partes con gran cantidad de feldspatos muy kaolinizados, mica alterada y pirita. En otros lugares el metal es de grano fino, compacto y muy puro, sin tener más que algo de epidota ó cuarzo en vetas microscópicas.

El análisis de la parte que contiene más impurezas dió:

Fe.....	66.90%
S.....	2.46 „
P ₂ O ₅	0.00 „

El del metal más compacto y puro:

Fe.....	69.39%
S.....	0.00 „
P ₂ O ₅	0.00 „

La forma de los depósitos, el carácter del metal y su asociación con feldespatos, mica y pyrita, indican que los criaderos del "Aguacate" pertenecen á la clase que debe su origen á las emanaciones de un magma en su última fase de consolidación.

En este caso todo lo que se observó indica que el granito de esta región se consolidó de un magma que, diferenciado en su resto, produjo las intrusiones de aplita en el granito y las soluciones que, cargadas de fierro, depositaron éste principalmente en el lugar del "Aguacate," junto con los otros minerales que quedaban mezclados del magma original. Con tan pocos datos como los que se pudieron conseguir en un examen limitado, la teoría avanzada no se puede discutir bien, aunque el caso presenta puntos interesantes aunque difíciles de aclarar por la dificultad de obtener datos de campo en terreno como el de que se trata.

En cuanto á la abundancia de epidota, no se puede explicar como un resto del mismo magma, aunque está tan íntimamente relacionada á la roca en las partes en donde están los óxidos de fierro y está tan generalmente distribuída, pues ni el granito ni la aplita indican

que el magma era uno que contuviera abundancia de cal. De lo contrario, si la aplita era el resto de diferenciación del magma, la solución era muy alcalina y cargada de potasio, pues la roca que se formó tiene casi 90% de ortoclasa. También hay que suponer que la aplita se formó de una solución no muy líquida, pues su cristalización es sumamente fina, en tanto que la epidota, para saturar de un modo tan completo el granito y partes de la aplita, y traer junta una gran cantidad de cuarzo, debe de haber estado acompañada por bastante agua.

Aunque no se conoce de cierto, este granito debe de haber hecho intrusión en las capas Jurásicas y Cretácicas que se observan al W., N. y N.E., así como en los gneisses y esquistos más antiguos que forman la base de todas las formaciones en el Estado. Las formaciones mencionadas todas tienen señales de algún metamorfismo dinámico y plegamiento alrededor de los cuerpos de rocas plutónicas, que como ésta están al borde de la llamada Altiplanicie en esta parte del Estado. El granito, de lo contrario, no tiene ninguna señal de movimiento, excepto donde claramente se debe á intrusiones más recientes de lavas terciarias. Sí este es el caso, la presencia de epidota puede deberse al efecto en el contacto del magma con las capas calcáreas de los sedimentos y rocas metamórficas que cortó. La formación de la epidota por soluciones magmáticas ó las aguas expelidas de los mismos sedimentos y parte del magma afectando las calizas y su transporte y deposición en los lugares donde hoy se encuentra, se podrían probar sólo con un estudio cuidadoso y detallado de una región muy exten-

sa, pero parece, sin embargo, ser esta la explicación más probable de lo observado.

Los trabajos hechos en este depósito son muy irregulares y sin sistema alguno, y en vez de aclarar la extensión de los metales sólo sirven para comprobar que su forma es sumamente variable sin más regla para que pueda sujetarse su explotación que seguir lo encontrado en todas direcciones. No hay indicio alguno de que las tres localidades separadas estén conectadas por masas grandes de metal, aunque es probable que sea una zona en que el metal es más abundante. La presencia de pequeñas vetas en otros lugares y lo manchado del terreno, así como fragmentos de magnetita rodados en todas las cañadas indican una distribución más general de los metales, aunque su explotación no sea posible, tanto por su irregularidad como por la posición muy difícil en que están, en la parte más alta de las montañas.

“La Fierrosa”

El lugar llamado “La Fierrosa” está situado á medio kilómetro al W. del pueblito de San Pedro Chayuco, en la parte norte del Distrito de Putla, Oaxaca. Juxtla-huaca, el punto de importancia más cercano está á 20 kilómetros al Norte, por el valle del río del mismo nombre que tiene su nacimiento entre Chayuco y Copala, como á 10 kilómetros al Sur. Del lado Oeste del valle los cerros son arredondeados y de poca altura y están formados por gneisses y rocas ígneas. Al Este las elevaciones son mayores y las cuestas más inclinadas, debido á las calizas Cretáceas que las forman.

En “La Fierrosa” hay pocas partes donde afloran las

rocas, pues hay un manto de descomposición sumamente grueso, en el que cortan algunas cañaditas, en Chayuco hasta una profundidad de 25 metros, dando lugar á numerosos hundimientos y derrumbes. La tierra que forma esta capa tiene un color rojo obscuro debido al óxido de fierro, y se encuentran algunas masas pequeñas de hematita y limonita, con magnetita en el centro, incluídas en esa tierra. En las lomas más altas al W. se distinguen las rocas frescas y sus límites están marcados en el croquis que acompaña. La formación más antigua, el gneiss, ha sufrido dos intrusiones. Primero una de granito de biotita, que ahora forma la parte más alta de los cerros, y después una de diorita, que corta también al granito y fué la que trajo probablemente las soluciones que depositaron los minerales de fierro.

El gneiss, cuando no está muy alterado, es una roca muy dura, de estructura laminar, casi apizarrada, de color gris á verde claro ó con manchitas ferruginosas más oscuras. A la simple vista sólo se ve una masa más compacta con las zonas lenticulares de productos secundarios peculiares á este clase de rocas. Al microscopio se ve que la roca se compone casi completamente de zonas de cuarzo, en granos muy finos de recristalización secundaria compacta, con uno que otro cristal de plagioclasa bastante alterada, pero de extinción regular, alternando con fajas que contienen bastante hornblenda secundaria, de pleocroísmo verde á café claro. El arreglo de las zonas es en líneas rectas por lo general, sin que deje de haber algunas curvaturas, formadas alrededor de algún grano originalmente grande, pero ahora quebrado y extendido. Hay poca magnetita, en partículas irregulares y uno que otro cristal de pyrita.

El granito es aparentemente de textura y composición uniforme en las cercanías de "La Fierrosa." Es una roca gris clara de grano mediano, algo porfirítica. Al microscopio se ven los minerales componentes, cuarzo, ortoclasa, albita y biotita, bastante alterados y muy fracturados, el cuarzo especialmente dando extinciones irregulares. La mica se presenta en cristales chicos, hipidiomórficos, incluidos los más en ortoclasas grandes de primera consolidación. El cuarzo todo es de grano pequeño entrecrecido con ortoclasas más chicas y algunas albitas evidentemente solidificadas después de la biotita y las primeras ortoclasas. Las fracturas y la extinción ondulada son los únicos indicios de presión que tiene la roca.

El contacto del granito y el gneiss no se puede ver claramente en el terreno, pero no parece haber habido mucho metamorfismo, excepto alguna silicificación del gneiss en la inmediata vecindad de la roca intrusiva.

La diorita de esta región es una roca bastante variable en apariencia y llena de inclusiones y segregaciones básicas. Es de un color gris verdoso, de estructura algo porfirítica y de grano fino á mediano. En lámina delgada los feldespatos de mayor tamaño se determinan ser andesina y oligoclasa, de formas hipidiomórficas y extinción regular, aunque algo obscurecidas por kaolinización. Los feldespatos más pequeños son de oligoclasa y una que otra ortoclasa y tienen formas alotrimórficas. Los ferromagnesianos son hornblenda y augita; la primera en cristales de todos tamaños, algunos entrecrecidos con feldespatos, con poca alteración y ninguna señal de metamorfismo. La augita se presenta en grupos de cristales pequeños, ó cristales grandes bastante corroídos.

y asociados con magnetita, y se altera, como la hornblenda, á clorita fibrosa. Hay granos de magnetita en abundancia, generalmente en grupos ó segregaciones, sin forma regular, y sin relación fija á los otros minerales.

Como no están descubiertas bien las rocas en los contactos, no se puede observar todo el efecto de la intrusión diorítica. Al granito parece haberle hecho muy poco, excepto á causa de presión y movimiento, haber fracturado los cristales componentes de la roca. El gneiss ha sido impregnado de fierro cerca de la diorita, como lo demuestra una zona muy roja de descomposición y también ha sido penetrado por vetas aplíticas que contienen los mismos minerales que la diorita, con exceso de feldespatos y adición de muy poco cuarzo.

Los lugares donde se encuentra magnetita, ó indicios claros de magnetita en forma de masas grandes de hematita y limonita son tres, como están indicados en el croquis (lám. LXXIX); dos están en el gneiss, cerca del contacto con el granito y uno en la diorita al Norte. En esta última localidad, aunque no quedan en la superficie más que los productos de alteración del antiguo mineral se observan más bien las indicaciones de la génesis de la magnetita. La diorita cercana es diferente de la que está lejos del depósito en que contiene muchas más segregaciones básicas con un aumento notable de magnetita, no en vetas ó en grupos continuos, sino en cristales entrecrecidos con los demás. La roca más inmediata que se pudo observar está completamente alterada, pero está compuesta por igual cantidad de limonita, antes probablemente magnetita y substancia kaolínosa que todavía conserva las formas de los feldespatos de

donde se derivó. El metal puro está demasiado alterado en la superficie para poder dar sus caracteres originales, y no hay ningunos trabajos de exploración en toda la región. Sólo se encuentra en afloramientos pequeños, aunque la extensión de él y de la roca con mucha magnetita llega, probablemente, hasta el contacto con el granito al S.E. y á lo largo de este contacto, que no se pudo seguir por lo cubierto de las rocas.

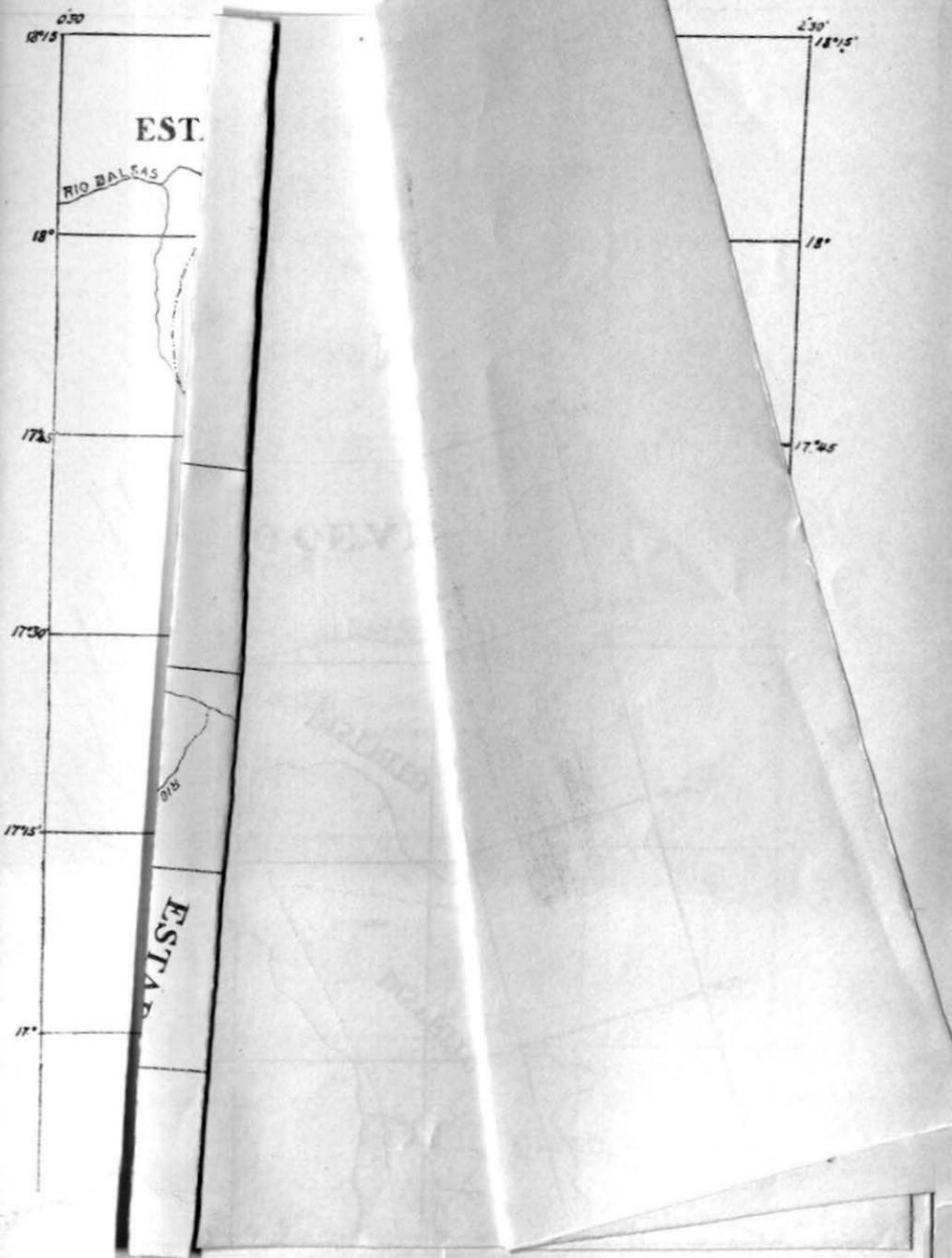
En las otras dos localidades hay afloramientos de magnetita, bastante alterada, pero probablemente pura fuera de la zona de descomposición superficial. La forma y extensión del depósito no se puede determinar y sólo se ve que es irregular, y que la roca inmediata está penetrada por los óxidos de fierro, sin que haya otros indicios de metamorfismo.

Las observaciones hechas indican que el origen de los minerales de fierro de "La Fierrosa" se deben á la segregación magmática de una diorita intrusiva y la solidificación ó depósito del metal en la diorita misma en el lugar de la diferenciación y en el gneiss cerca de un antiguo contacto con granito. La presencia de abundante magnetita en la diorita más fresca con una tendencia marcada á formar grupos ó á iniciar el desarrollo de otros cristales, indica que toda la roca al consolidarse pasaba por un proceso de diferenciación, y lo que se observó en la roca y el metal en la localidad más al Norte demuestra el estado más avanzado de esa segregación magmática en la diorita. Los depósitos en el gneiss cerca del contacto se deben, como se ha observado en otras localidades, á que después de que se desprenden de un magma soluciones cargadas de fierro, el depósito de éste se hace en lugares de fácil acceso y condiciones fa-

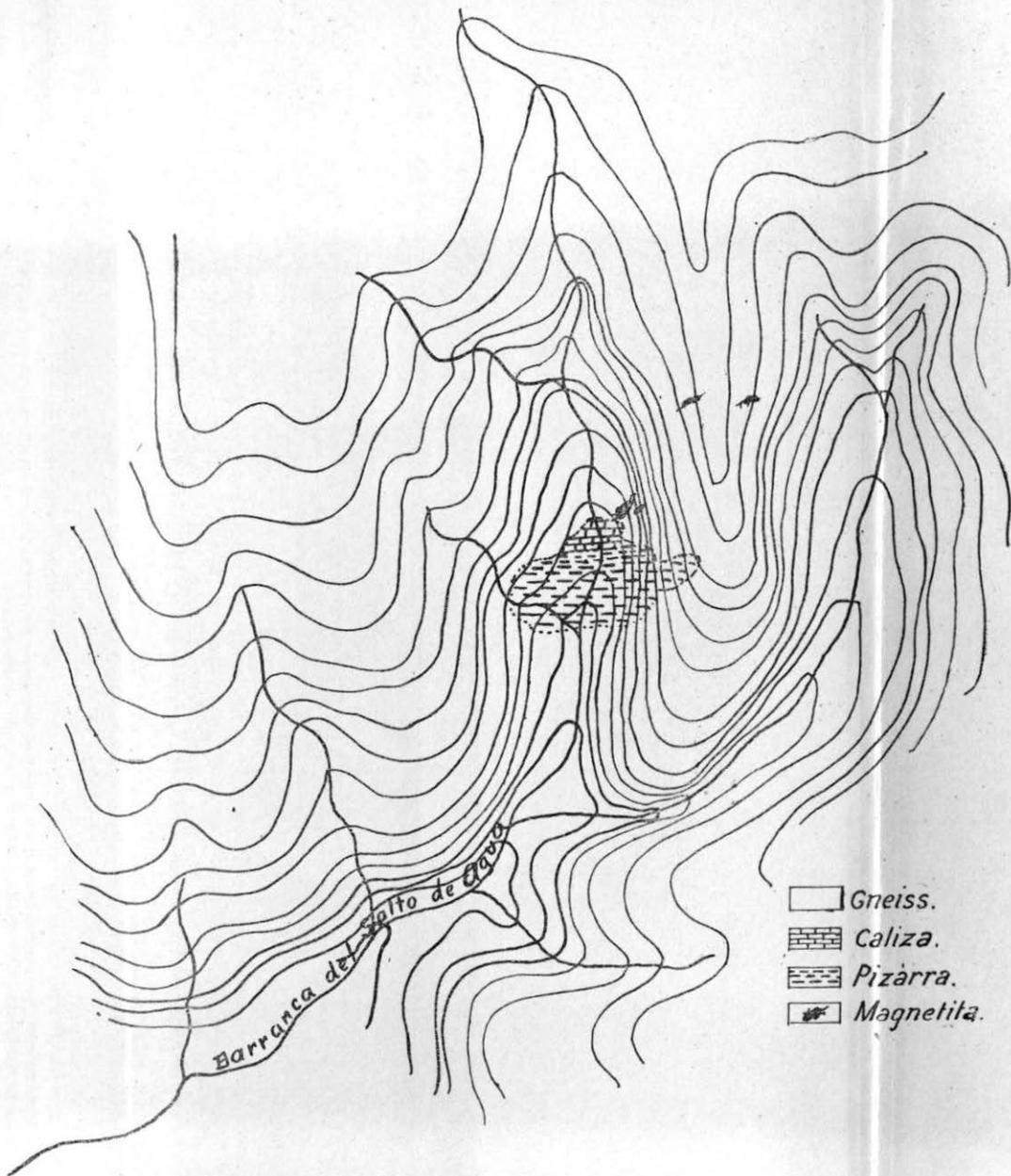
vorables, lo que probablemente ofrecía el contacto ya mencionado en esta localidad. Las condiciones favorables exactas no se pudieron investigar debido á la imposibilidad de recoger datos completos de campo.

En cuanto á la cantidad de metal que pueda haber aquí, también es imposible precisar. Los afloramientos son pequeños y muy alterados, de manera que ni el carácter verdadero del metal original se ha visto, ni se conoce su extensión. La capa de descomposición contiene mucho óxido de fierro, debido á la desintegración de estos depósitos, pero no se encuentran masas grandes de magnetita en los arroyos y cañadas. Esto puede ser debido, sin embargo, á que la erosión aquí no está en un período activo, y la magnetita tiene tiempo para oxidarse y desintegrarse antes de ser quebrada y rodada en pedazos de algún tamaño. La experiencia con depósitos de esta clase en otras partes¹ ha demostrado que son sumamente irregulares y variables y que lo único que determina con seguridad su extensión, y por lo tanto su valor es una exploración minera completa.

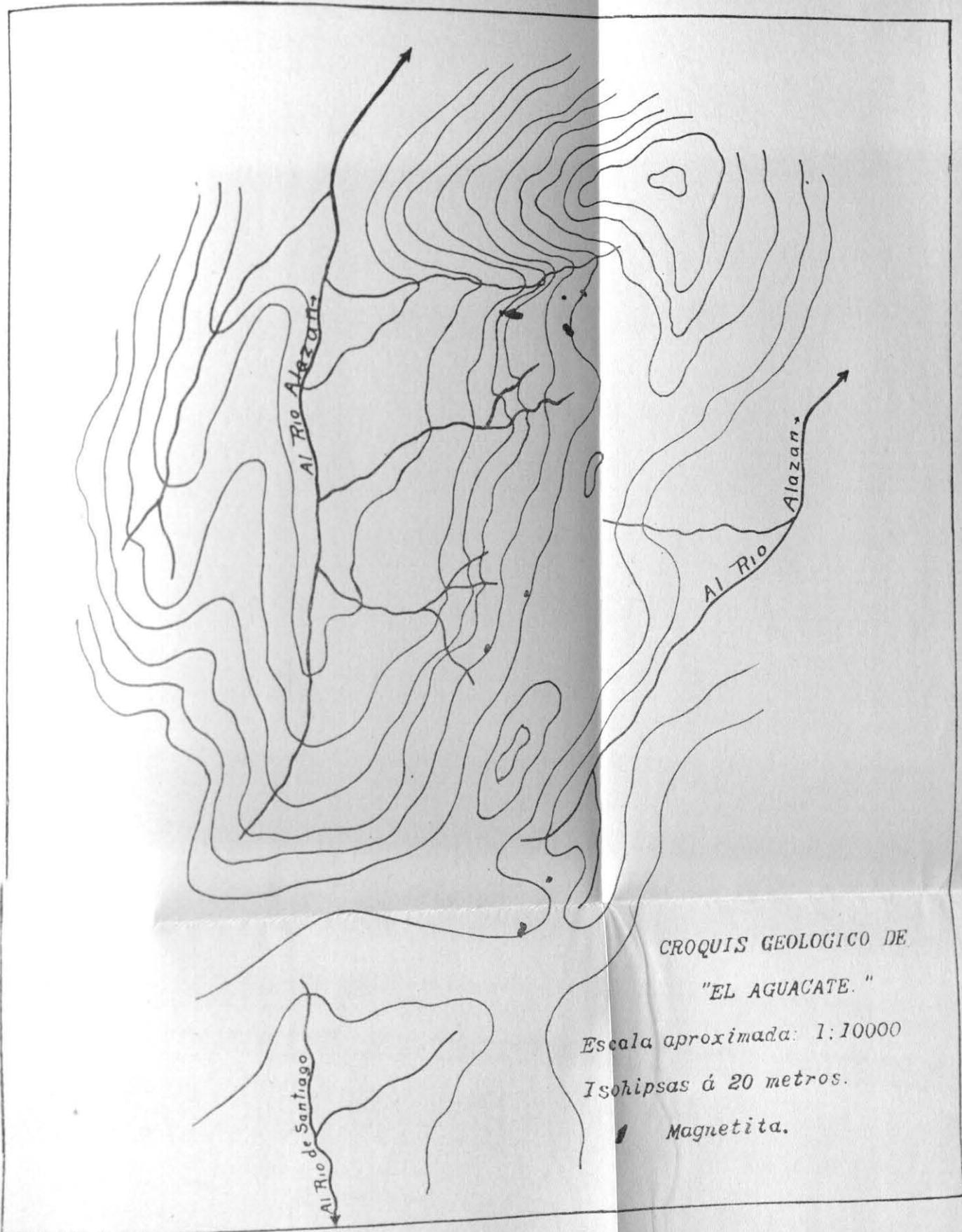
1 C. K. Leith. The Iron ores of Canada. Economic Geology, Vol. 3, página 276, 1908.







CROQUIS GEOLOGICO DE "LA ABADA"
Escala aproximada 1:8,000.—Isohipsas á 20 m.



CROQUIS GEOLOGICO DE

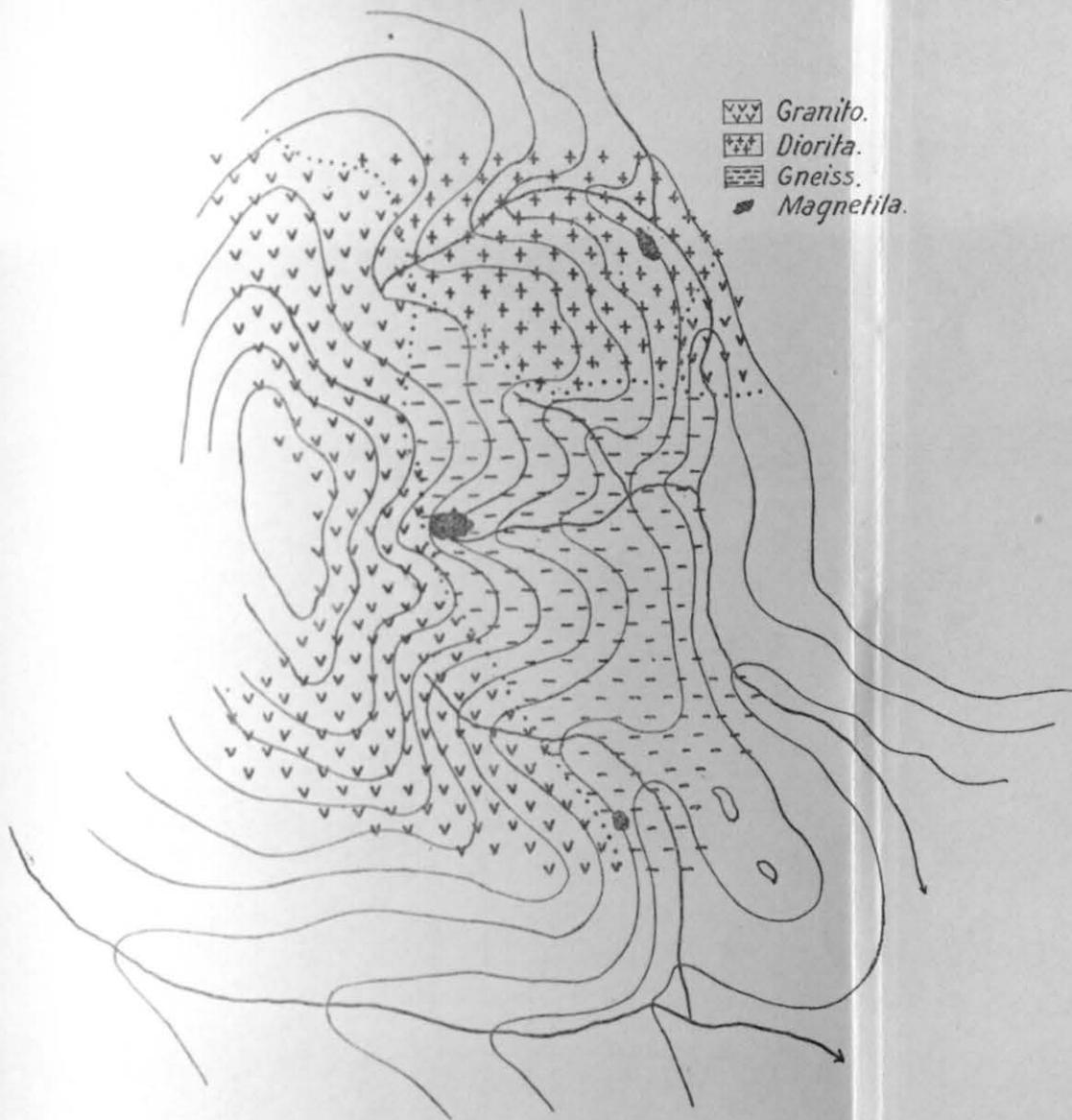
"EL AGUACATE."

Escala aproximada: 1:10000

Isohipsas á 20 metros.

● Magnetita.





CROQUIS GEOLOGICO DE "LA FIERROSA"
Escala aproximada 1:5,000.—Isoclipas á 10 m.

