

CESAR R. CORTELEZZI

LOS MINERALES OPACOS DE LAS ARENAS DE LA COSTA ATLANTICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



Anales de las Primeras Jornadas Geológicas Argentinas

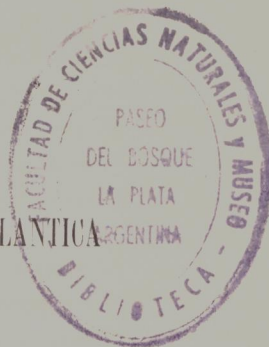
(Tomo II, 1962, Buenos Aires)

BUENOS AIRES

IMPRENTA Y CASA EDITORA «CONI»

684, CALLE PERÚ, 684

1962



LOS MINERALES OPACOS DE LAS ARENAS DE LA COSTA ATLÁNTICA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES¹

POR CESAR R. CORTELEZZI

RESUMEN

En base a concentraciones realizadas con minerales pesados de las arenas, tomando muestras con mayor porcentaje de estos minerales e incluidos en material plástico, se han realizado los estudios mineralógicos de los minerales opacos mediante el microscopio de polarización a luz reflejada para conocer la naturaleza de dichos minerales, en especial los óxidos ricos en titanio. Se ha comprobado la presencia de una proporción de minerales titaníferos, pseudobrookita, ilmenita, que son los más importantes, así como también titano magnetita, titanita, rutilo y anatasa. Es de destacar la típica asociación de desmezcla que se observa en los granos de ilmerita con tablillas de magnetita alterada en hematita, así como también la desmezcla de ilmenita dentro de los granos de hematita y finalmente la asociación pseudobrookita, hematita y rutilo. Entre los componentes menos abundantes deben destacarse casiterita, monacita, xenotima y cromita, así como también granos de olivinas con numerosas inclusiones de tipo magnetita-hematita. Entre las inclusiones de los óxidos se han observado solamente sulfuros del tipo pirita y pirrotina. La asociación de minerales y especialmente la abundancia de pseudobrookita relacionada con efusiones volcánicas confirman las ideas sobre el aporte de rocas volcánicas como originarias en su mayor parte de estas arenas y su transporte áqueo hacia las playas de la provincia de Buenos Aires mediante la acción de corrientes marinas.

La presencia de minerales de hierro y titanio en concentrados naturales y en proporciones más o menos elevadas en las arenas de la costa atlántica, ha ocupado desde hace tiempo a distintas instituciones y particulares a fin de valorar su explotación con fines industriales. El LEMIT decidió realizar un estudio general del problema, abarcándolo desde distintos aspectos; en estas mismas Jornadas se comunicará sobre los resultados geológicos y sedimentológicos generales de los estudios.

Como parte de esta investigación se pensó en estudiar los minerales

¹ Presentado por el Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones de la Provincia de Buenos Aires (LEMIT).

opacos y determinar la forma en que los distintos óxidos se encuentran presentes en las arenas. Este es el objeto del trabajo cuyo resumen expondré a continuación. Debo aclarar que el mismo fue realizado en su totalidad en la Universidad de Heidelberg, bajo la dirección del profesor P. Ramdohr, a quien agradezco sus consejos y el haberme introducido en las técnicas calcográficas. Las muestras elegidas fueron seleccionadas entre las numerosas recolectadas por los doctores Teruggi, Limousin y Mauriño en sus campañas por la costa atlántica, eligiéndose aquellas de lugares de concentración natural variable, a fin de observar los cambios que en estas zonas podrían presentar los minerales que nos interesaban.

Se trabajó con material tamizado con malla nº 30, a fin de obtener concentrados de granulometría uniforme; se realizó un concentrado con bromoformo de densidad 2,70 y luego se sometieron dichas separaciones a una nueva concentración con una solución de formiato y malonato de talio de densidad 3,80, a fin de eliminar los posibles silicatos pesados. Es así como se obtiene un concentrado compuesto en su casi totalidad por óxidos y algunos minerales difíciles de concentrar por separaciones simples con bromoformo.

Los granos de minerales se incluyeron en una resina, Araldit, que permite su solidificación a temperatura ambiente, sometiéndose los mismos a pulido mecánico a fin de obtener en los clastos superficiales homogéneas de reflexión. La observación se efectuó con luz reflejada mediante microscopios Leitz. Las fotografías que se observarán fueron tomadas en el LEMIT con un microscopio Zeiss de luz reflejada.

Para comenzar con el tema, y ya que nos interesan especialmente las relaciones entre los óxidos de hierro y titanio, conviene recordar el triángulo de mezclas publicado por Ramdohr en 1956 y elaborado según el autor en base a sus observaciones en cortes de minerales pulidos. Según Ramdohr, en las rocas plutónicas, cuya cristalización oscila entre 700 y 900 grados, hay una mezcla completa entre Fe_2O_3 y Fe_2TiO_5 , como así también entre FeTiO_3 y Fe_2O_3 y parcial entre FeTiO_3 y Fe_3O_4 . A una mayor temperatura, aproximadamente 1000 grados, no se tiene todavía una información clara sobre la cantidad de Fe_3O_4 y FeO ; parece más fácil del lado Fe_2TiO_4 . El mineral pseudobrookita se forma a temperaturas mayores de 1000 grados entre Fe_2TiO_5 y FeTi_2O_5 . En este esquema no se tienen en cuenta las influencias que pueden ejercer otros compuestos presentes en menores cantidades, tales como los óxidos cromo, magnesio o aluminio. Sobre la miscibilidad

de TiO_2 con FeTiO_3 se conoce muy poco, a pesar de observarse desmezcla de ilmenita en rutilo.

En las rocas volcánicas cuya temperatura de formación es superior a 1000 grados, aumenta la miscibilidad de TiO_2 en FeTiO_3 y posiblemente encontramos el representante de alta temperatura FeTi_2O_5 , como así también un aumento de mezcla entre FeTiO_3 y Fe_3O_4 .

Consideremos en primer lugar la magnetita y sus relaciones con el lado izquierdo del triángulo. La presencia de magnetita pura es difícil de observar en nuestras muestras; excepcionalmente se encuentra en mayor proporción en la zona de Claromecó, como así también en una

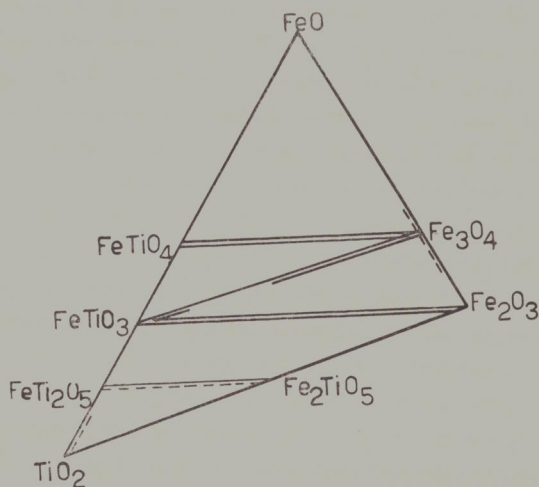


Figura 1

muestra de Puerto Madryn tomada como comparación. Es muy frecuente observar que estas magnetitas tienen un color morado, distinto del de las magnetitas comunes. Esto se debe a un fenómeno frecuente en rocas volcánicas. El alto contenido de titanio finamente diseminado, no ha alcanzado la temperatura de desmezcla, por enfriamiento brusco y permanece así el Ti dentro del retículo de la magnetita.

Titanomagnetita: Observando el diagrama vemos que es posible la mezcla en proporciones limitadas en esta dirección y por lo tanto la obtención de cristales mixtos llamados titanomagnetita, que es el mineral más frecuente en nuestras arenas.

En las rocas plutónicas es posible la desmezcla en la dirección de la ilmenita, cuando existe un exceso de titanio, por lo que es común ob-

servar las láminas de ilmenita ordenadas dentro de la magnetita formando una fina red en las rocas más básicas. Estas láminas de ilmenita son más anchas y se encuentran asociadas a laminillas muy finas, generalmente ordenadas en la misma dirección, de un mineral oscuro que es espinela. El contenido de estas espinelas o pleonasto es variable en las titanomagnetitas y la orientación cristalográfica puede ser según (001) o como ya se ha dicho, según (111). El término puro de la serie correspondiente a ulvita no se ha observado en estas arenas.

La alteración de titanomagnetita en hematita se realiza en láminas delgadas según las direcciones (111) y abarca, con distinta intensidad, a los granos de titanomagnetita. Esta hematita, que suele designarse como martita, puede producirse por acción neumatolítica e hidrotermal o por oxidación en zonas áridas, comenzando la alteración desde el borde de los granos hasta el centro, o también puede producirse por recalentamiento de la titanomagnetita en presencia de oxígeno, como sucede en las rocas volcánicas. Este es el caso más común observado en nuestras muestras. Las láminas de hematita cruzan completamente el grano, produciéndose la alteración en distintos grados y quedando como remanentes sectores de la titanomagnetita. En otros casos sólo quedan las laminillas de espinela que no han sido aún incorporadas a la hematita. En ciertos casos el titanio pasa a formar directamente por oxidación más intensa, rutilo que queda como gránulos dentro del mineral en alteración. Veremos más adelante que también puede producirse la transformación en pseudobrookita.

La oxidación de superficie produce en la magnetita la ya mencionada de hematita irregularmente distribuida y especialmente desde la superficie al interior del grano. El otro mineral producto de esta alteración es la magemita, óxido férrico gamma, de color gris azulado distribuido irregularmente entre los granos o en forma arborescente, y que según Frenzel sería el producto de alteración de titanomagnetitas no desmezcladas y por lo tanto de origen volcánico. Ligada a esta alteración superficial se observa, en algunos granos, la alteración más frecuente en limonita gris pardusca con reflejos internos rojizos.

Veremos ahora el sistema $\text{FeTi}_2\text{O}_5\text{-Fe}_2\text{O}_3$. A temperatura de rocas magmáticas este sistema tiene una miscibilidad total y en los cristales mixtos constituye las titanohematitas con sus miembros puros en ambos extremos. Esto ocurre especialmente en rocas donde el oxígeno no es muy abundante, ni tampoco elevada la temperatura, mayor de 1000 gra-

dos, pues formaría entonces pseudobrookitas. Las mezclas pueden variar con la temperatura, produciéndose así una segunda generación de desmezcla. Si observamos el triángulo $\text{FeTiO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$, donde nos interesa la línea $\text{FeTi}_2\text{O}_3\text{-FeO}_3$. En presencia de oxígeno, una parte del FeTiO_3 dará hematita y rutilo; habrá, entonces, una desmezcla en agujas de rutilo, las que pueden disponerse en forma ordenada dentro de la hematita. Se comprende fácilmente que la formación de rutilo tiene una importancia considerable desde el punto de vista económico y puede así producirse un enriquecimiento en titanio. Es esto lo que generalmente ocurre en los granos de nuestras arenas, que presentan muy frecuentemente este tipo de asociación. En todas nuestras arenas el sistema que mencionamos se encuentra bien representado. No se encuentra frecuentemente ilmenita pura o con cantidades relativamente bajas de hematita, pero es característica de las muestras de Claomecó; en general se presenta en proporción menor a la titanomagnetita, y es difícil establecer una ley de variación de este mineral, ya que en la misma zona varía considerable e irregularmente.

Son frecuentes los granos con productos de desmezcla entre hematita e ilmenita, observándose formaciones lenticulares de ilmenita que en algunos casos contienen una segunda generación de hematita en forma de discos muy pequeños, en las que la ilmenita se dispone paralela a (0001), pudiéndose ver también las maclas de hematita que atraviesan el grano en toda su superficie. Puede observarse, además del producto de desmezcla, una parte oxidada en rutilo, que se dispone en agujas orientadas oblicuamente a las formaciones lenticulares. Del mismo modo se observan bandas de ilmenita que atraviesan totalmente el grano de mineral cuya base es de hematita, la que proviene, sin lugar a dudas, de una desmezcla de una ilmenoheamatita.

Asimismo, se observan granos de ilmenita con una generación de hematitas, la que se encuentra en forma lenticular dispuesta también según (0001). Finalmente, es muy frecuente la presencia de finas laminillas más o menos ordenadas de rutilo dentro de la ilmenita.

La alteración más frecuente de estos cristales de desmezcla es la formación de rutilo y hematita. Debe tenerse en cuenta que también puede producir una alteración semejante en la ya mencionada titanomagnetita. En ciertos casos, y quizás lo más comunes, son los que en las láminas de ilmenita se produzcan finas agujas de rutilo normales a los bordes de ellas, reemplazándolas totalmente, quedando la base

de hematita; también puede producirse esta alteración sin orientación cristalográfica definida, quedando el rutilo irregularmente incluido. Otro producto de alteración importante y muy frecuente en las muestras estudiadas, es la mezcla granular fina de rutilo, caracterizado por sus reflejos interiores rojizos, anatasa amarillenta y titanita gris, con reflejo mate. Todo esto, que puede también estar orientado cristalográficamente según las láminas de ilmenita o irregularmente distribuido, constituye lo que se conoce como leucoxeno.

Trataremos a continuación la parte inferior del diagrama $\text{FeTiO}_3\text{-Fe}_2\text{TiO}_5$. Este es, posiblemente, uno de los sistemas más importantes, ya que se encuentran granos de pseudobrookita ampliamente distribuidos y en distinta proporción en las muestras estudiadas. Aún no está bien clara la posibilidad de cristales de mezcla entre los extremos de la línea $\text{FeTi}_2\text{O}_5\text{-Fe}_2\text{TiO}_5$, ni tampoco la influencia de TiO_2 , es posible que se encuentren nuevos representantes. Frentzel ha descripto un nuevo compuesto sintético como anosowita Ti_3O_5 . Ya hemos visto que la formación de pseudobrookita se produce a elevadas temperaturas, mayores de 1000° , en presencia de una corriente de oxígeno más o menos fuerte. Por lo tanto, es indiscutible su origen volcánico. Las formas como se presenta el mineral en nuestras muestras son las siguientes:

1º Pseudobrookita con hematita en pseudomorfosis según titanomagnetita. Este es el caso más general, que se produce por la siguiente reacción de oxidación: $3\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeTiO}_3 + 2\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeTiO}_5$.

La pseudobrookita se encuentra en estos casos dispuesta en forma ordenada según (111), con una base de hematita producida por recalentamiento y oxidación de la titanomagnetita y de acuerdo con la ecuación escrita. Puede también producirse la pseudobrookita reemplazando la ilmenita producida por la oxidación de la titanomagnetita, y no encontrarse en forma ordenada sino parcialmente distribuida en láminas.

En otros casos, el reemplazo de un grano se hace en forma irregular, ocupando toda la superficie de la ilmenita y quedando dentro de ella los cuerpos lenticulares de la hematita de desmezcla en la ilmenita. En otros casos, por recalentamiento a temperaturas mayores de 1100° , la ilmenita produce, según Ramdohr, la reacción siguiente: $2\text{FeTiO}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{O} = 2\text{Fe}_2\text{TiO}_5$, apareciendo la pseudobrookita en forma de asociación mirmequítica, dentro de la base de hematita. Estos casos son mucho menos frecuentes en nuestras muestras.

La formación, a partir de rutilo y hematita, también es posible y suele encontrarse dentro de los granos con este tipo de asociación, manchones de pseudobrookita irregularmente distribuidos.

Titanita: Es frecuente observar este mineral asociado a los óxidos mencionados. No es muy clara aún la formación, y es probable que se encuentre como inclusiones. En ciertos casos se halla dentro de la titanomagnetita distribuida en forma irregular en gránulos gris claro, ligeramente pleocroicos, sin reflejos metálicos. También se asocia a rutilo, como ya se ha explicado, formando una masa de alta birrefringencia junto a anatasa finamente distribuida.

Cromita: Es muy raro encontrar este mineral entre nuestras arenas. Las mayores proporciones se han observado en las muestras de Orense y Faro Recalada. Evidentemente, estas cromitas deben de haber sido transportadas desde puntos muy distantes a las playas, pues no se conocen en la Provincia afloramientos de rocas básicas o ultrabásicas que pudieran suministrarlas a los sedimentos. Los granos pequeños, bien redondeados, color pardo claro, rodeados por una delgada capa más clara e isotropa de una espinela de cromo. Característico de la cromita, son sus reflejos internos rojizos. Presenta una serie de laminillas de desmezcla, orientadas según (111), que son de hematita fuertemente anisótropa. Este tipo de desmezcla no es frecuente. Ramdohr lo menciona para las Cromitas de Batetal y Montsche Tundra, Kola. Hasta un 20 % de la masa puede ser material de desmezcla; también pueden ser estas láminas de ilmenita, pero este tipo no se observa en nuestras cromitas.

Casiterita: Es muy escasa. Han sido observados pocos granos de este mineral, pequeños y bien redondeados, con alto índice de refracción, color pardo amarillento, con reflejos internos característicos y láminas de maclas típicas según (101); la mayor concentración se observó en Faro Recalada.

Xenotimo: En la misma muestra anterior se han observado escasísimos granos de color rojizo, algo pleocroicos, de relieve alto, que se han identificado como xenotimo.

Monacita: Este mineral es relativamente abundante y se encuentra presente en casi todas las muestras estudiadas, especialmente en la zona de Claromecó y las muestras de Faro Recalada. Granos redondea-

dos o subredondeados, de índice de refracción muy alto, reflejos internos amarillentos, que lo diferencian del zircón o del rutilo, que es fuertemente rojizo. A pesar de ser éste un mineral transparente, dadas sus propiedades ópticas, no figura entre los minerales pesados descriptos para la zona. Es por esta razón que se menciona en este estudio.

Olivinas: Se han observado numerosos granos de olivinas con inclusiones ordenadas de hematita, muy semejante a la observada por Frenzel en las muestras de la isla Más Afuera, de Juan Fernández; son producidas por recalentamientos de olivinas con fuertes corrientes de oxígeno.

Mirmequitas: Son muy frecuentes las mirmequitas en silicatos y magnetita e ilmenita, con aspecto vermicular típico.

Al igual que las olivinas, se han observado abundantes fragmentos de rocas volcánicas, en cuya pasta se pudieron determinar cristales esqueléticos de hematita y en ciertos casos alterados en magemitas.

Sulfuros: Un solo grano de calcopirita se observó suelto en las muestras estudiadas, con sus propiedades ópticas características. El resto de la calcopirita aparece siempre como inclusiones redondeadas dentro de otros minerales, especialmente magnetita e ilmenita. Más frecuentes que estas inclusiones, lo son las redondeadas de pirrotina, también dentro de los óxidos. En ciertos casos ha sido posible determinar dentro de esos gránulos las características formas de pentlandita, de color crema pálido.

La presencia de los numerosos minerales descriptos y conociendo la distribución de los óxidos en las rocas, nos permiten, evidentemente, tener una idea general de cuáles han sido las rocas que han dado origen a estos sedimentos. Existen en nuestras muestras numerosos granos de magnetita muy límpida, es decir, con un bajo contenido de titanio que hace suponer un origen de rocas plutónicas de tipo ácido, pero como ya se ha aclarado, estas arenas poseen un mayor contenido de titanio-magnetita con abundante espinela, en una perfecta desmezcla, lo cual indicaría un origen en rocas mesosilícicas a básicas, por el alto contenido de titanio propio de gabros, noritas, etc. La misma presencia de cromita hace suponer un origen en rocas ultrabásicas. El mayor aporte en nuestras muestras es de rocas volcánicas, lo que se evidencia por la cantidad de pseudobrookita existente por las numerosas y notorias

acciones de recalentamiento en presencia de oxígeno, observables en titanomagnetita, ilmenita, olivinas y pastas de rocas volcánicas.

Esto concuerda con la teoría general emitida al realizar los estudios sedimentológicos y mineralógicos por transparencia sobre el origen de los materiales de las arenas. Ellos demuestran que las arenas poseen una elevada proporción de minerales y pastas de rocas volcánicas que por acción de corrientes marinas, originándose en las rocas volcánicas de la Patagonia, se volcarían sobre las costas de la provincia de Buenos Aires. Nos queda como interrogante el origen de la monacita y el xenotimo, que evidentemente proviene de rocas graníticas o de esquistos. El primer mineral ha sido descripto para las arenas de las costas brasileñas hasta Montevideo, y es posible que su aporte proporcionalmente muy bajo, provenga de las mismas rocas brasileñas, ya que no se han observado en las muestras de Puerto Madryn, ni en las muestras tomadas en Carmen de Patagones; pero este es un aspecto que debe estudiarse más detalladamente, para poder emitir un juicio más categórico.

Resumiendo, podemos denominar a nuestras arenas desde el punto de vista de su contenido en óxidos, y teniendo en cuenta su paragénesis, como arenas magnetoilmeníticas con proporción variada de pseudobrookitas.

BIBLIOGRAFIA

- BOGERT, JOHN R., 1959. *Uruguay's Beaches show heavy mineral concentration*. World Min. XII, 7.
- BRAY, I. M., 1939. *Ilmenite-Hematite-Magnetite relations in some emery ores*. Am. Min. 24, 162-170.
- BUDDINGTON, A. F., FAHEY, J., VLISIDES, A. 1955. *Termometric and petrogenetic significance of titaniferous magnetite*. Am. Journ. Sc. 253, 497-532.
- EDWARDS, A. B., 1945. *Natural exolution intergrowths of Magnetite and Hematite*. An. Min. 34, 759-760.
- 1954. *Texture of the Ore minerals and their significance*. Aust. Inst. Min. and Met. Melbourne.
- FRENZEL, G., 1954. *Erzmikroskopische Beobachtungen an natürlich erhitzten, insbesondere pseudobrookitführenden Vulkaniten*. Heid. Beit. z. Miner. Petrograph. 4, 343-374. Heidelberg.
- LIMOUSIN, TULLIO A., 1956. *Los sedimentos psammiticos actuales entre Faro Recalada y Punta Asunción*. LEMIT (inéd.).
- MAURIÑO, VÍCTOR E., 1956. *Los sedimentos psammiticos actuales de la región costera comprendida entre Faro Recalada y Faro Monte Hermoso*, LEMIT, II, 61.

- PALACHE, CH. 1934. *Pseudobrookite*. Am. Min. 19, 16-20.
- 1935. *Additional note on pseudobrookite*. Am. Min. 20, 660-663.
- RAMDOHR, PAUL, 1926. *Beobachtungen an Magnetit, Ilmenit, Eisenglanz und Ueberlegungen über das System. FeO , Fe_2O_3 , TiO_2* . Neues Jb. Mineral., Geol. Paläont., LIV Beil-Band. Abt. A, 320-379.
- 1939. *Wichtige neue Beobachtungen an Magnetit, Hämatit, Ilmenit und Rutil*. Abh. Preuss Ak. Wiss. No 14. Berlin.
- 1953. *Ulvöspinel and its significance in titaniferous iron ores*. Econ. Geol. 48, 677-688.
- 1955. *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*. Akadem. Verlag-Berlin.
- STUMPFEL, E. 1958., *Erzmikroskopische Untersuchungen an Schwermineralien in Sanden*. Geol. Jb. 73, 685-724, Hannover.
- TERUGGI, M. E. (et al.), 1959. *Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca*. LEMIT, II, 77.
- 1959. *Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Bahía Blanca y Patagones*. LEMIT, inéd.



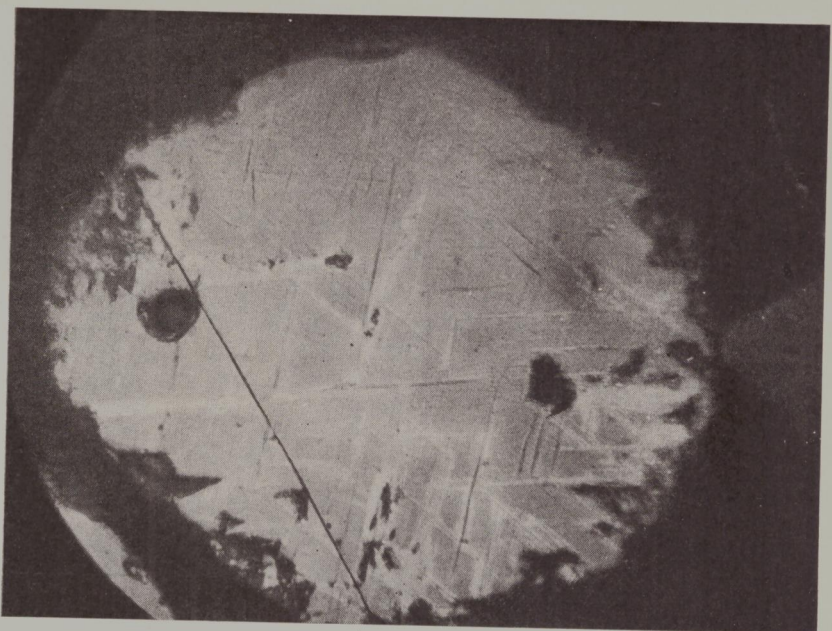


Foto 1. — Titanomagnetita. Se observan finas láminas de ilmenita según (111) y un comienzo de alteración en esas mismas direcciones. $\times 250$.

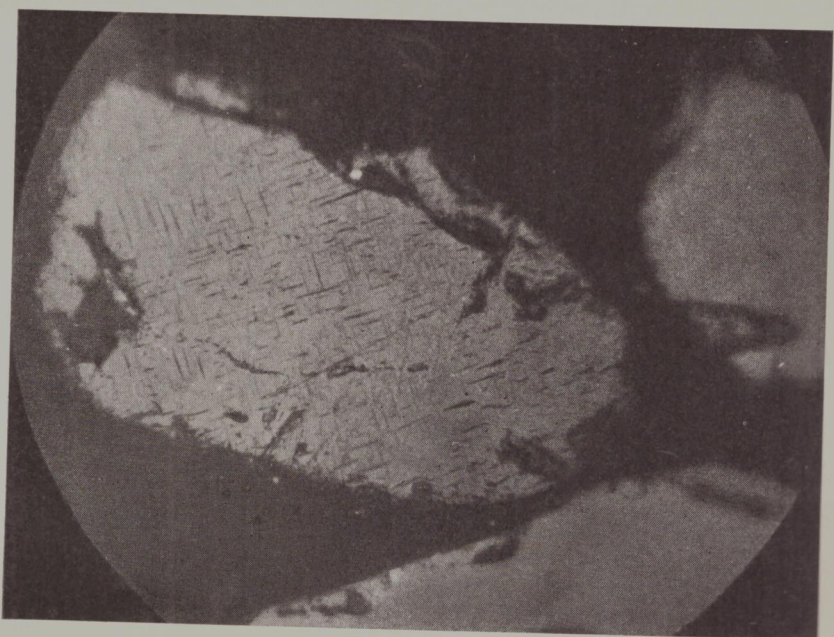


Foto. 2. — Titanomagnetita con laminillas de espumela orientadas según (001). $\times 250$

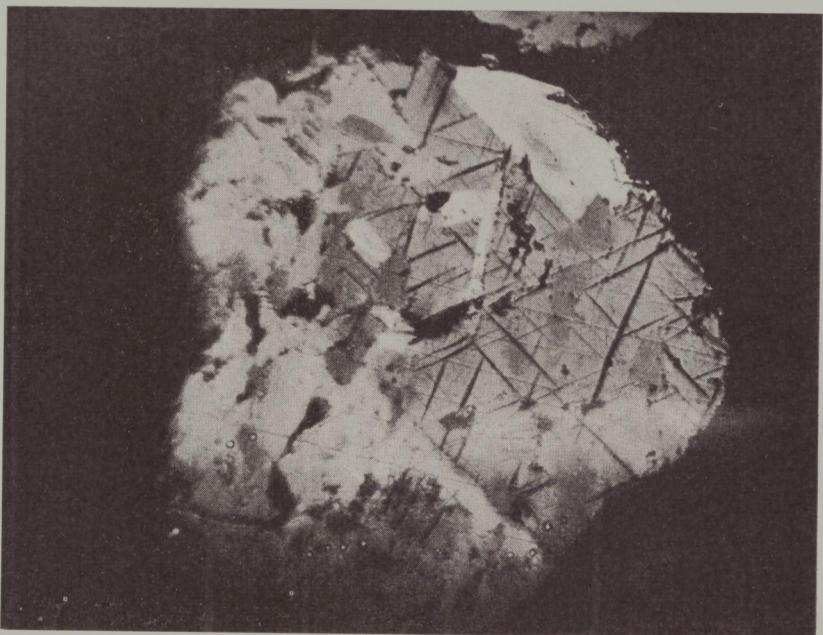


Foto 3. — Titanomagnetita con laminillas de espinela orientadas según (111). Gris claro alteración en hematita. $\times 250$

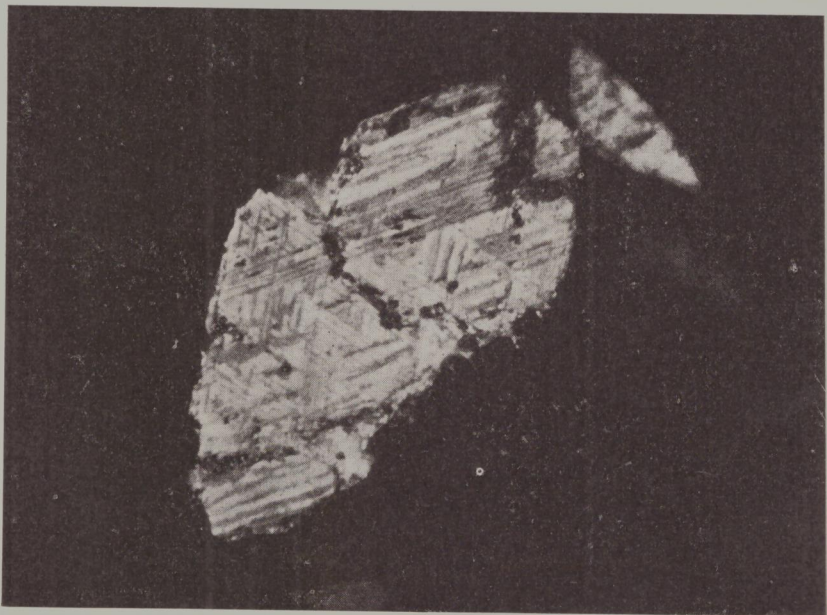


Foto 4. — Titanomagnetita, por oxidación alterada en hematita. Gris clara. Las laminas oscuras son de ilmenita (111) parcialmente alteradas en rutilo. $\times 250$.

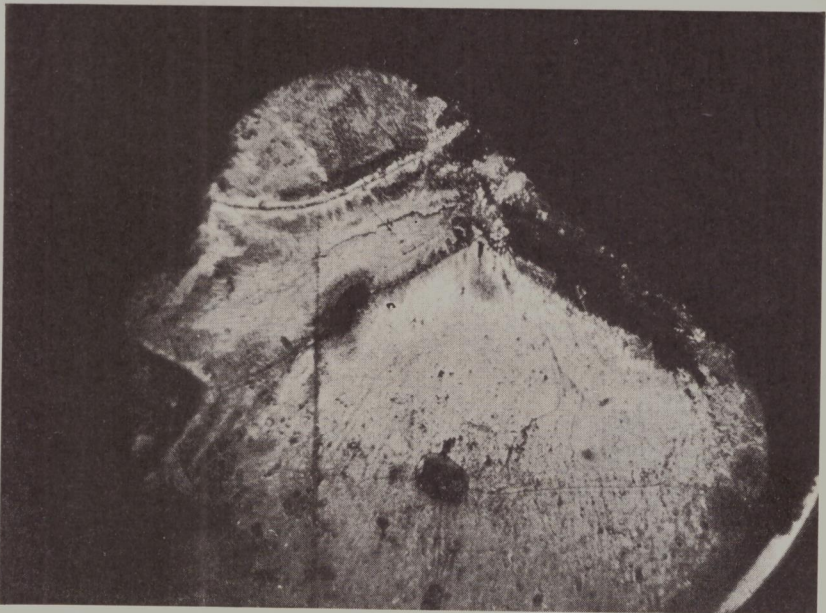


Foto 5. — Titanomagnetita alterada en hematita, magnetita de forma irregular y limonita gris oscuro. $\times 250$

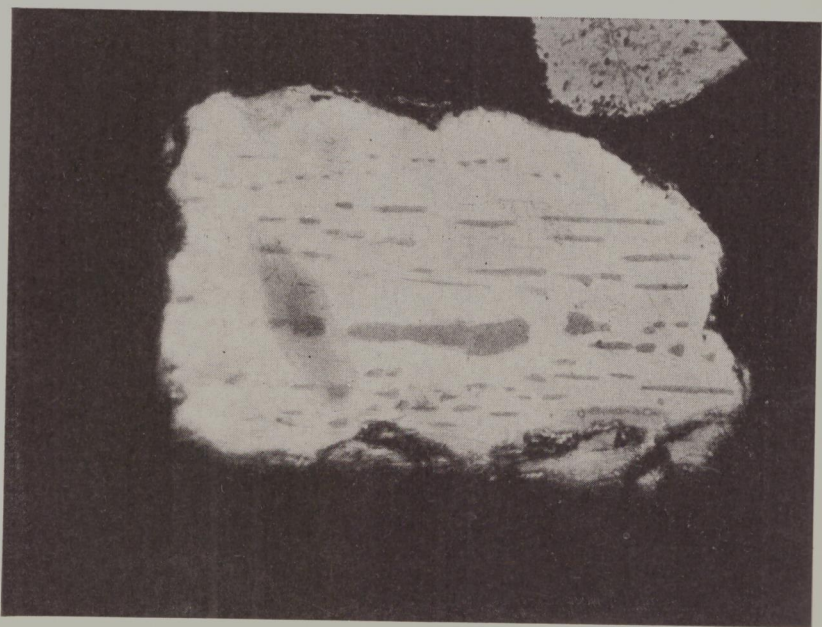


Foto 6. — Hematita con desmezcla de ilmenita según (0001) aguas de rutilo dispuestas oblicuamente. $\times 250$

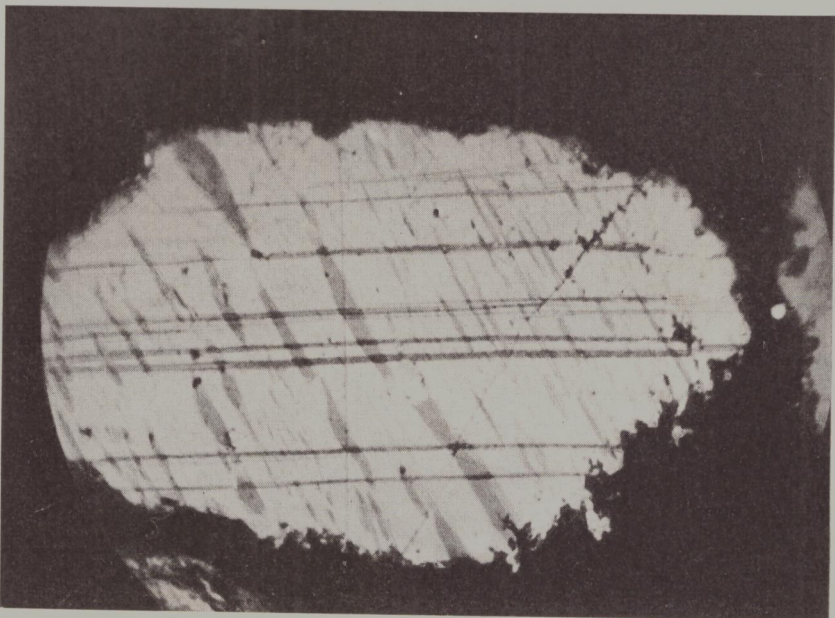


Foto 7. — Hematita con desmezcla de ilmenita en dos generaciones según (0001). Las láminas puras corresponden a las máculas del primer mineral. $\times 250$.

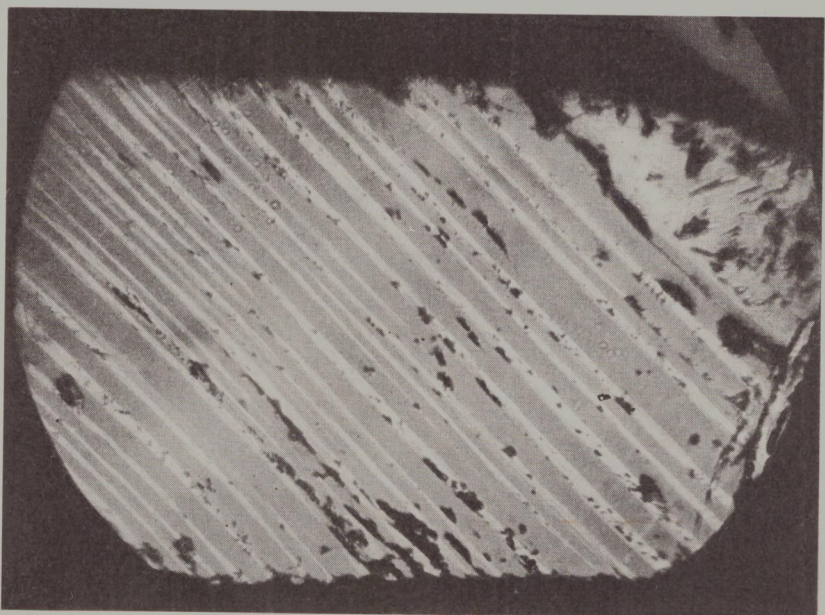


Foto 8. — Hematita con desmezcla del ilmenita en láminas algo alteradas en rutilo. $\times 250$



Foto 9. — Hematita y rutilo regularmente distribuido en pseudomorfosis según imenita. $\times 250$

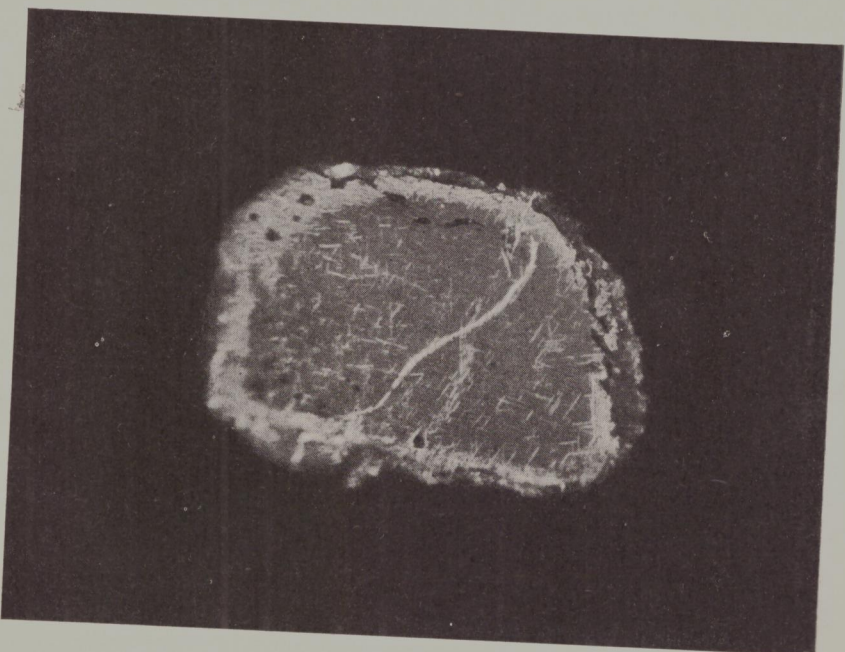


Foto 10. — Cromita con láminas de hematita según (11). $\times 502$

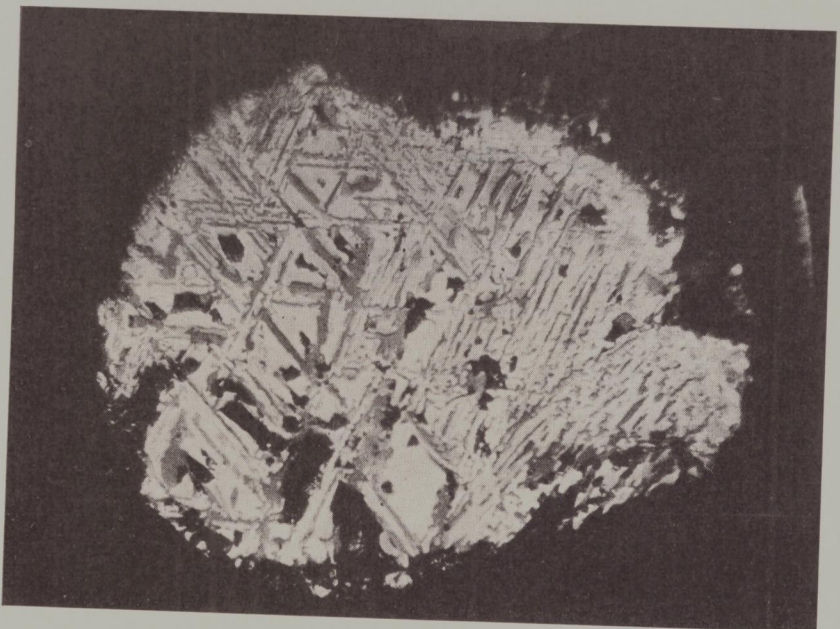


Foto 11. — Pseudobroquita gris obscura en pseudomorfosis según titanomagnetita, la base gris es hematita. $\times 250$

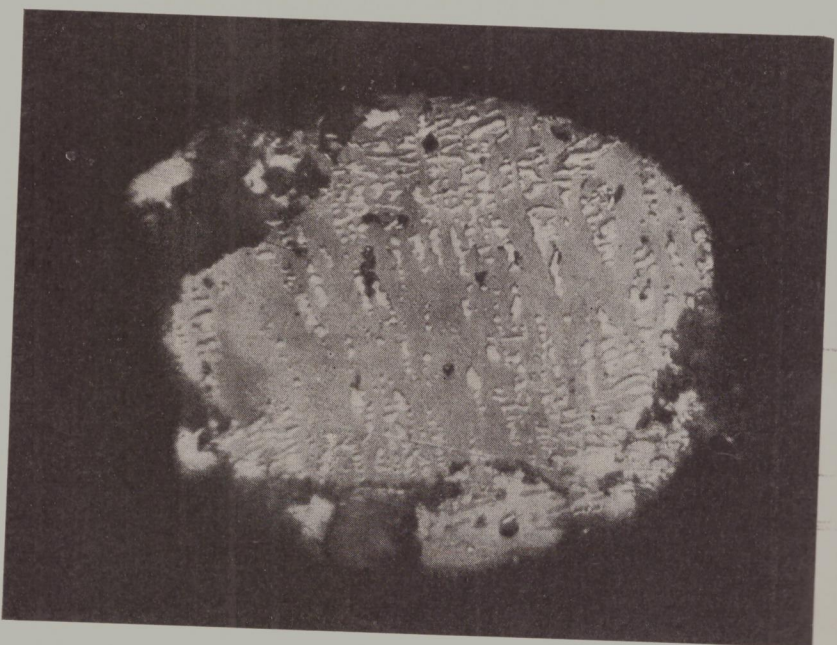


Foto 12. — Pseudobroquita distribuida irregularmente en hematita. $\times 250$