

HIERRO BANDEADO EN COLOMBIA

por

Jaime Galvis Vergara¹ & Luz Stella Gómez Villalba²

Resumen

Galvis Vergara, J. & L.S. Gómez V.: Hierro bandeado en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **22**(85): 485-496. 1998. ISSN 0370-3908.

En Colombia se ha localizado un depósito de hierro bandeado de grandes dimensiones. En el presente artículo se describen algunas de sus características mineralógicas, la secuencia estratigráfica en la que se encuentra, su relación con las unidades litológicas identificadas en la Amazonía de Colombia y sus analogías y diferencias con depósitos de hierro bandeado en varias partes del Mundo. Se describen además estromatolitos silíceos que lo infrayacen y su posible relación genética con el yacimiento de hierro. Dichos estromatolitos presentan además ocurrencias auríferas, cuya génesis parece estar directamente relacionada al ambiente químico local generado por la actividad biológica.

Palabras claves: Hierro, Colombia, Mineralogía, Litología, Yacimientos.

Abstract

In Colombia, a large banded iron deposit has been found. In this paper there is the description of its mineralogical characteristics, the stratigraphic sequence into which it is enclosed, its relation with the lithologic units identified in the Colombian Amazon and the similarities and differences with banded iron deposits in other places of the World. A description is given of siliceous stromatolites which underlie the iron deposit and their possible genetic relation with the iron beds. The stromatolites present gold occurrences, whose genesis looks clearly related with the chemical environment originated in the biologic activity.

Key words: Iron, Colombia, Mineralogy, Lithology, Iron deposit.

Introducción

Durante largo tiempo se conoció la existencia de perturbaciones magnéticas en la región de Mitú. Como

parte del Proyecto Radargramétrico del Amazonas, se hallaron acumulaciones residuales de mineral de hierro con espesores y tenores muy notables, en las riberas del Río Vaupés aguas arriba de Mitú y en la cuenca del Río Paca. Posteriormente, se hallaron los primeros indicios de mineralización primaria de hierro bandeado en un afloramiento limitado en un gran meandro abandonado del Río Apaporis, denominado el Lago del Apaporis. Esto

¹ Carrera 48G No. 95-19 Bogotá.

² Ingeominas. Bogotá

durante las exploraciones en búsqueda de uranio llevadas a cabo por la Compagnie Général des Matières Radioactives, Cogema. Más tarde, durante un programa exploratorio llevado a cabo por Amoco Oil Company, se localizaron exposiciones de la mineralización primaria y depósitos residuales en vecindades del Río Tiquié y amplios depósitos residuales en el Caño Pirabotón al Norte de Mitú.

Todo lo anterior llevaba a suponer la presencia de un gran cinturón de hierro bandeado.

Al visitar las ocurrencias auríferas de la Serranía de Machado, se localizaron los niveles ferríferos, pudiéndose determinar la base de la secuencia de sedimentos que los contiene, su relación discordante con litologías más antiguas, la presencia de estromatolitos silíceos, su relación con las mineralizaciones de hierro y una clara asociación genética de las ocurrencias auríferas con los estromatolitos.

Litología

Al Sureste de la región amazónica de Colombia se presentan tres secuencias litológicas del Precámbrico, de las cuales las dos más antiguas se encuentran expuestas en el territorio comprendido entre el curso inferior del Río Apaporis y el Río Taraira. La secuencia litológica más antigua está expuesta en el Cerro Garimpo y en el flanco oriental de la Serranía de Machado. A ésta le sobreyace una secuencia de sedimentos aflorantes en la Serranía de Machado, la Sierra de Aguablanca, la Serranía del Taraira y en una serie de cuchillas de poca altura y rumbo N-S que se extienden hasta proximidades del Río Vaupés. La secuencia litológica más reciente se encuentra expuesta en amplias zonas de la cuenca del Río Apaporis y en áreas muy extensas de la Amazonia y Orinoquía de Colombia.

Litología de Cerro Garimpo

Presenta metaareniscas, metaconglomerados cuarzosos, esquistos pelíticos, esquistos talcosos y metavulcanitas ácidas (principalmente tobas y brechas volcánicas sometidas a metamorfismo regional de bajo grado). Las metaareniscas, que constituyen la litología predominante (ver fotografía 1), se presentan en colores blanco, amarillo, rosado y gris claro. En general se componen casi exclusivamente de cuarzo, el cual se observa en granos medio a grueso, casi totalmente soldados por recristalización. En algunos sectores, la cuarcita se observa salpicada de abundantes cristales de

pirita, los cuales al meteorizarse dan a la roca un tono rojizo. En las metaareniscas, se presentan algunos niveles que presentan finas agujas de turmalina formando una textura con aspecto de fieltro (ver fotografía 2). En Cerro Garimpo, las cuarcitas presentan abundantes suturas rellenas de cristales de cuarzo con aspecto de peine. Los metaconglomerados cuarzosos (ver fotografía 3), ampliamente expuestos en Cerro Garimpo y en un sector de la Serranía de Machado denominada El Peladero, presentan clastos de cuarzo hialino y lechoso, muchos de ellos se presentan ahumados y en algunos se observa un tinte violáceo. Es característica la presencia de algunos niveles de metaconglomerados con cristales de pirita que pueden alcanzar varios centímetros de diámetro (ver fotografía 4). En la roca en mención, es frecuente la presencia de vetas de cuarzo, cuyos cristales presentan una extraña forma, con una terminación piramidal, un corto desarrollo de prisma y una especie de "raíz" de color blanco lechoso con aspecto de sílice calcedónica.

En general los metaconglomerados referidos se presentan en niveles de pocos metros de espesor.

Los esquistos pelíticos se presentan en diversas tonalidades de gris, con notable abundancia de muscovita en laminillas observables a simple vista. En algunos niveles se observa grafito.

Los esquistos talcosos se encuentran en niveles de varios metros de espesor, con laminación muy fina. Presentan un color verde claro que con la meteorización se torna café pálido (ver fotografía 5).

Hacia la parte superior de la secuencia litológica en cuestión, se encuentran metaareniscas interestratificadas con brechas y tobas riolíticas metamorfizadas, las cuales alcanzan espesores muy considerables en la parte septentrional de la Serranía de Machado, donde en algunos sectores constituyen la cresta de la serranía. Las metamorfitas descritas presentan incipiente granitización o migmatización, principalmente en la parte inferior de la secuencia. Dicho fenómeno es especialmente notable en las metavulcanitas y en los metasedimentos que presentan algún contenido en minerales aluminicos. En dichas rocas se observa desarrollo secundario de feldespato de potasio y micas que tienden a darle a la roca un aspecto granitoide (ver fotografía 6).

Los metasedimentos cuarzosos parecen ser especialmente refractarios a la granitización, posiblemente debido a la ausencia de aluminio, el cual junto con los álcalis que aporta la granitización forman los feldespatos alcalinos y micas típicos de dicho proceso.

Sedimentos de la Serranía de Machado

Sobre las unidades litológicas antes referidas, reposa un conglomerado polimíctico (ver fotografía 7), en forma discordante. Tiene un espesor variable desde poco más de dos metros hasta aproximadamente quince metros. Presenta clastos de cuarzo hialino y lechoso, cuarcita, metavulcanita, esquisto y rocas de textura granitoide. El conglomerado en mención es grano soportado y su matriz es arenosa. A esta unidad sobreyacen areniscas cuarzosas de grano medio de colores blanco, gris y rosado, en las cuales se presentan intercalaciones de limolitas y lodolitas de color gris azulado, en las cuales se observan abundantes láminas de muscovita. En las areniscas son frecuentes las ondulitas, se observa estratificación cruzada (ver fotografía 8) y en algunos sitios presentan boudinage. En varios lugares presentan textura flaser. Las lodolitas presentan laminación muy fina y estructuras "rip rap".

Pocas decenas de metros mas arriba del conglomerado basal, en un sector de la Serranía de Machado conocido como Cerro Rojo, se observa, una zona donde las areniscas presentan intensa tinción de óxido férrico sobre la cual se halla un estromatolito de sílice de color negro brillante (ver fotografía 9) y espesor variable, cubierto por jaspe de color rojo muy vivo (ver fotografía 10). El estromatolito presenta formas mamilares, reticulares, reniformes, tubulares, oncolíticas y alveolares, en laminillas superpuestas (ver fotografías 11, 12, 13, 14 y 15).

Presenta un notable contenido de grafito, el cual microscópicamente se puede observar en formas de elipses y esferas (Ver fotografías 16 y 17), muy posiblemente de origen orgánico. En algunas muestras el grafito aparece parcial o totalmente reemplazado por óxido férrico (ver fotografía 18). Su espesor varía desde escasos centímetros hasta casi un metro. El espesor del jaspe que sobreyace al estromatolito es muy variable. El estromatolito y el jaspe contienen oro. Estratigráficamente encima del estromatolito, se encuentra un nivel de poco espesor compuesto de cristales de magnetita euhedrales (ver fotografía 19), dentro de las areniscas. El jaspe y las areniscas que sobreyacen al estromatolito, se presentan cruzadas por vetas delgadas de cuarzo, algunas con óxido férrico (ver fotografía 20).

A los sedimentos antes mencionados les sobreyacen limolitas micáceas sobre las cuales reposan areniscas blanco amarillentas en las cuales se presentan bandas de oligisto especular (ver fotografía 21), el cual gradualmente se hace más abundante, hasta constituirse en el mineral predominante en la roca que toma un color azulado rojizo (ver fotografía 22). El espesor de la mineralización

no se alcanza a apreciar en su totalidad, en lo observable son varias decenas de metros. Este depósito se prolonga en la Serranía de Machado a lo largo de aproximadamente 40 kilómetros (ver fotografía 23); se conoce su prolongación al Sur a lo largo de la Serranía de El Taraira y en serranías menores hasta cercanías del Río Vaupés.

Sobre los niveles ferríferos, se encuentran limolitas y arcillolitas de color gris claro.

Dentro de la Serranía de Machado, a las unidades litológicas mencionadas, cabe agregar una intrusión sienítica que se encuentra en el tercer raudal del Río Taraira, donde la Serranía de Machado es cruzada por dicho río. Dicha roca se presenta en texturas porfirítica (ver fotografía 24) y equigranular (ver fotografía 25). Se compone de feldespato de potasio parcialmente teñido de rojo, plagioclasa, anfíbol y escasos cristales de cuarzo. Presenta abundantes xenolitos de areniscas (ver fotografía 26). En la zona de contacto con esta intrusión, los sedimentos de la Serranía de Machado se encuentran transformados en hornfelsas.

También cabe mencionar algunos diques de diabasa que afectan a las unidades litológicas descritas, de los cuales se observa uno de gran espesor en el Raudal de Yacamí del Río Taraira.

Sedimentos Rojos del Piraparaná

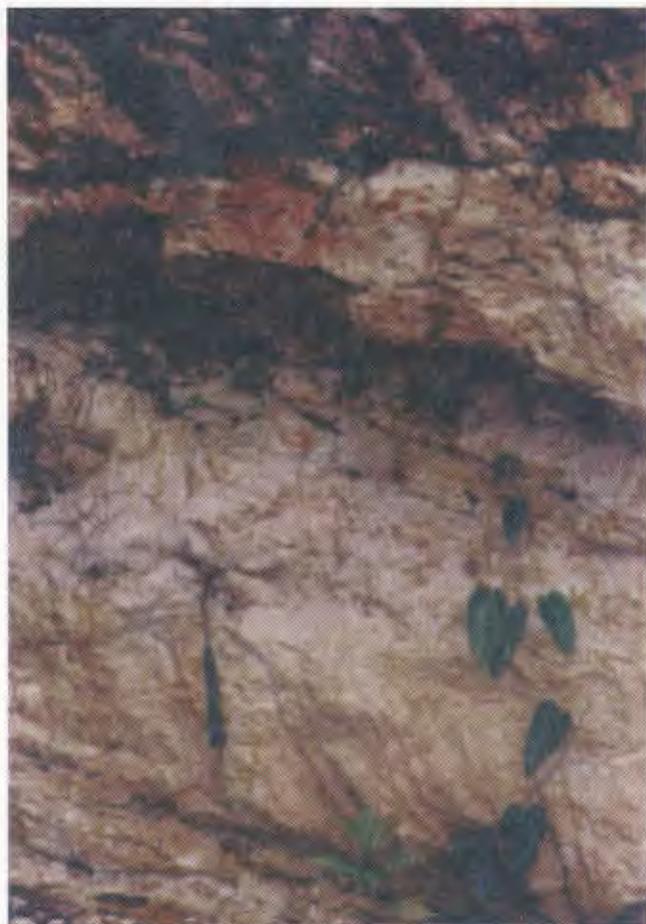
En el Proyecto Radargramétrico del Amazonas (Galvis, Huguet y Ruge, 1979), recibió esa denominación

un conjunto litológico que comprende conglomerados polimícticos, areniscas arcóscicas, limolitas y arcillolitas de colores rojo, púrpura, bermellón y en escasas localidades verde. Con los sedimentos mencionados se presentan interesratificadas rocas piroclásticas y lavas de composición traquítica a riolítica. Estas vulcanitas presentan buenas exposiciones en varias localidades de la Amazonía de Colombia.

Las unidades litológicas referidas, se encuentran intruídas por numerosos stocks de rocas alcalinas, entre las cuales se presentan gabros alcalinos, sienitas nefelínicas y rocas graníticas y sieníticas con textura granofírica.

Los depósitos sedimentarios y volcánicos se hallan horizontales y generan un relieve topográfico muy suave.

Las unidades litológicas mencionadas se pueden observar en numerosas localidades en proceso de granitización o migmatización. Entre las rocas volcánicas



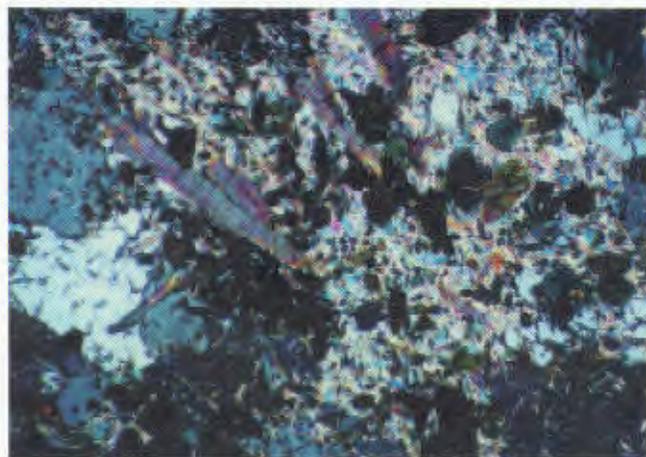
Fotografía 1. Metaareniscas en el Cerro de Garimpo.



Fotografía 3. Metaconglomerado, Cerro Garimpo.



Fotografía 4. Cristales de pirita euhedrales en metaconglomerado.



0 _____ 0.24 mm

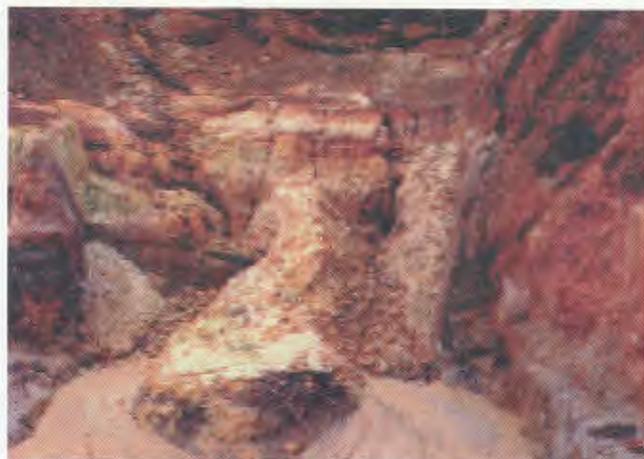
Fotografía 2. Microfotografía de agujas de turmalina, muestra de El Peladero (nicos cruzados) 4x.



Fotografía 5. Afloramiento de esquistos talcosos.



Fotografía 6. Vulcanita migmatizada.



Fotografía 9. Areniscas (color rojizo) y estromatolito (color negro).



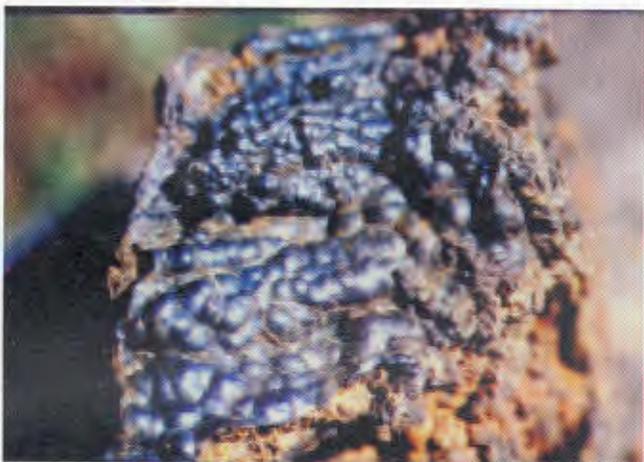
Fotografía 7. Conglomerado basal de la secuencia de sedimentos de la Serranía de Machado.



Fotografía 10. Areniscas en la base, estromatolito (color negro), jaspe y areniscas rojas al tope.



Fotografía 8. Estratificación cruzada en areniscas en la Serranía de Machado.



Fotografía 11. Estromatolito, formas botroidales.

hay muy buenos ejemplos de este proceso en el Raudal de Mapiripán en el Río Guaviare y en el curso superior del Río Cuduyarí. Las rocas sedimentarias se presentan en proceso de granitización en el curso del Río Mesay, afluente del Río Yari.

Tectónica

La región comprendida entre los ríos Vaupés y Caquetá, parece haber sido notablemente estable. Posiblemente, sus principales rasgos estructurales y tectónicos son anteriores al Fanerozoico. De los tres conjuntos litológicos mencionados, solamente el más antiguo, el de Cerro Garimpo, presenta metamorfismo regional y éste es de bajo grado. Presenta una gran similitud al metamorfismo de las unidades litológicas de composición análoga en la Formación Roraima en la Serranía de Naquén y otras localidades del Guainía.

El conjunto litológico más antiguo, presenta complicaciones estructurales en Cerro Garimpo por lo cual se observa una amplia variación en sus buzamientos.

Hacia el flanco occidental de Cerro Garimpo, entre éste y la Serranía de Machado, se encuentra una falla regional, cuyo carácter y desplazamiento no son determinables con los datos disponibles. Al Occidente de la falla mencionada, las unidades litológicas de la secuencia más antigua, se presentan buzando hacia el Noroeste en ángulos muy variables, afectadas por un plegamiento anterior a aquel que produjo el levantamiento de la Serranía de Machado. Este último relieve, está constituido por una estructura monoclinas con rumbo N-40-W y presenta buzamiento de 30 grados hacia el SW en el sector denominado Cerro Rojo, hacia el centro de la serranía. Al extremo Norte, el buzamiento aumenta hasta 60 grados, posiblemente por efecto de la intrusión sienítica mencionada en lo referente a litología.

La Sierra del Taraira, al Sur de la de Machado, parece presentar más complejidades estructurales. Al Norte, en las cuencas de los ríos Tiquié, Papurí y Paca, los sedimentos ferríferos se encuentran en estructuras monoclinas de bajo ángulo, los cuales buzaban hacia el Occidente.

Localmente, en la Serranía de Machado, se observan zonas de falla con dirección NE-SW en sitios tales como Caño Cochano y Caño Bonito. Allí en parte la roca brechada se presenta rodeada de cuarzo lechoso de neoformación (ver fotografía 27).

En general se puede concluir que las serranías de Taraira y Machado, así como las cuchillas que presentan

exposiciones de los sedimentos ferríferos más al Norte, son relieves seniles, cuyo levantamiento parece haber tenido lugar durante el Precámbrico y cuyos últimos movimientos parecen haber sido causados por intrusiones, tal como se observa en el extremo Norte de la Serranía de Machado.

Los sedimentos rojos del Piraparaná se presentan casi totalmente horizontales en todas las localidades donde han sido observados.

Evolución Geológica

Las primeras unidades litológicas expuestas entre los ríos Taraira y Apaporis, indican una sedimentación marina de muy poca profundidad, posiblemente litoral, con una fuerte evaporación como lo muestra la presencia de sedimentos magnésicos (esquistos talcosos) y sedimentos con minerales de boro (metaareniscas con turmalina). No se encuentran carbonatos y es característica la presencia de pirita redondeada en las metaareniscas; esto último, indicio de una atmósfera reductora, en la cual la pirita pudo sufrir transporte mecánico sin ser destruida por oxidación.

La sedimentación costera o nerítica, tuvo lugar al mismo tiempo con actividad volcánica ácida de carácter explosivo, lo que produjo la alternancia de sedimentos y piroclastitas que allí se observa.

Posteriormente las unidades referidas fueron sometidas a un proceso de metamorfismo regional de bajo grado, al cual sucedió un episodio de granitización de los que produjeron la formación de la corteza siálica durante el Proterozoico. Este proceso afectó principalmente la parte inferior de la secuencia y selectivamente con mayor intensidad las rocas de origen volcánico y los metasedimentos pelíticos. Además es interesante anotar que en los metaconglomerados abunda el cuarzo ahumado, un indicio del ingreso de elementos radioactivos (uranio, torio y potasio), muy característico de los fenómenos de granitización o migmatización.

Más tarde, tuvo lugar un evento orogénico, un período de erosión y luego se inició una nueva fase de sedimentación, la cual comenzó con el depósito de un conglomerado polimíctico. Esta nueva sedimentación, parece indicar un ambiente marino o lacustre salado de muy poca profundidad. En medio de sedimentos arenosos de grano medio se encuentran los estromatolitos antes descritos. Es importante anotar que hay más estromatolitos en dichos sedimentos, los cuales no parecen estar en la misma posición estratigráfica. Muy

posiblemente, los estromatolitos se encuentran como arrecifes lenticulares de extensiones muy variables.

El desarrollo de la mineralización de hierro parece estar relacionado a los estromatolitos. Es muy posible que su origen tenga relación con los cambios químicos producidos por ellos. Posiblemente, oxígeno liberado en el metabolismo de los organismos que formaron dichas estructuras, produjo la precipitación en forma de óxido férrico del hierro ferroso que se hallaba en solución en el mar. El oligisto se observa reemplazando granos de cuarzo (ver fotografía 28) aún donde el sedimento se presenta conglomerático. A partir de los niveles ferríferos, parece que la cuenca se hubiera profundizado, esto evidenciado por la presencia de sedimentos limolíticos y arcillosos.

Los depósitos de hierro bandeado de tipo Superior se conocen en un rango de edades muy definido, entre 1800 y 2600 millones de años (Goldich, 1973). Esto permite suponer que los sedimentos mencionados se depositaron en ese intervalo, posiblemente hacia el final. Las litologías de la fase final de la sedimentación en mención se desconocen. Posteriormente estas unidades litológicas fueron sometidas a un suave plegamiento y luego de que la atmósfera se hizo oxidante, se inició un proceso de sedimentación en un ambiente continental y pulsos de magmatismo alcalino, eventos que produjeron los depósitos sedimentarios y volcánicos del Piraparaná. Mas tarde, aún dentro del Proterozoico, un nuevo proceso de migmatización afectó parcialmente las unidades litológicas antes mencionadas.

Luego, durante el Ordovícico tuvo lugar una gran transgresión, en la cual el mar cubrió la mayor parte de lo que actualmente es la Amazonía.

Se omite hacer referencia a episodios posteriores de sedimentación en la Amazonía, ya que las unidades litológicas por ellos producidas no se encuentran en el área del cinturón ferrífero.

Génesis Mineral

El mineral de hierro observado en la Serranía de Machado presenta características que permiten asimilarlo a hierro bandeado de tipo Superior. En este aspecto cabe destacar la ausencia de vulcanitas en la secuencia litológica que lo contiene. Es importante anotar su relación con estromatolitos silíceos (ver fotografía 29), similares a los descritos en la Formación Gunflint en los depósitos del Lago Superior (Awramik, 1977), su posición estratigráfica hacia la base de la secuencia de sedimentos en la que se encuentra tal como sucede en

Black Hills Dakota (Bayley, James, 1973), Cuadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil (Dorr, 1973) y Krivoi Rog, Ucrania (Alexandrov, 1973) y la presencia de formas oolíticas; todos los anteriores son rasgos típicos de depósitos de hierro tipo Superior que los diferencian de los de tipo Algoma.

Las microformas de posible origen orgánico (ver fotografías 30, 31 y 32 al microscopio electrónico), son muy similares a las descritas en varias localidades donde hay depósitos de esa clase (Barghoorn & Tyler, 1965) (LaBerge, 1973) (ver fotografías 33, 34 y 35).

Cabe agregar además el aspecto del tamaño del yacimiento. Los depósitos tipo Algoma presentan extensiones pequeñas, con longitudes generalmente no mayores de una o dos decenas de kilómetros, mientras que el yacimiento del Vaupés supera ampliamente los 100 kilómetros de longitud, dimensión frecuente en los yacimientos tipo Superior.

Posiblemente los depósitos de hierro más similares al de Serranía de Machado, son los de Urucum (Brasil) y Mutún (Bolivia). En estos yacimientos, el mineral de hierro se encuentra asociado con sedimentos detríticos no metamorfizados, tal como ocurre en Machado. También se asemejan en el contenido de hierro excepcionalmente alto en el mineral primario (Dorr, 1973). En Machado se encuentran espesos paquetes de mineral en los que no se observa bandeamiento debido a la desaparición de los niveles silíceos, quedando solamente los de oligisto (ver fotografía 36). A semejanza de Urucum, el depósito de hierro sobreyace a niveles de jaspe (ver fotografía 37).

Es interesante agregar que en yacimientos de esta clase, tales como el de Carajas en Brasil, se presentan ocurrencias de oro bajo los niveles ferríferos; esto parece ser común a varios depósitos de hierro bandeado y en este aspecto el de Machado no es la excepción.

La extensión total de la mineralización de hierro en mención aún se desconoce; hay evidencias de su presencia a lo largo de una faja que se extiende desde el Lago del Apaporis hasta el Río Vaupés, sin que se sepa si es totalmente continua. Las anomalías magnéticas y algunas exposiciones indican que se prolonga al Norte de este último río. En varias localidades puede observarse mineral secundario enriquecido por procesos de laterización. En este aspecto son espectaculares las exposiciones en la cuenca media del Caño Paca, en las vecindades del Río Tiquiy y en las riberas del Caño Pirabotón, este último al Norte del Río Vaupés.



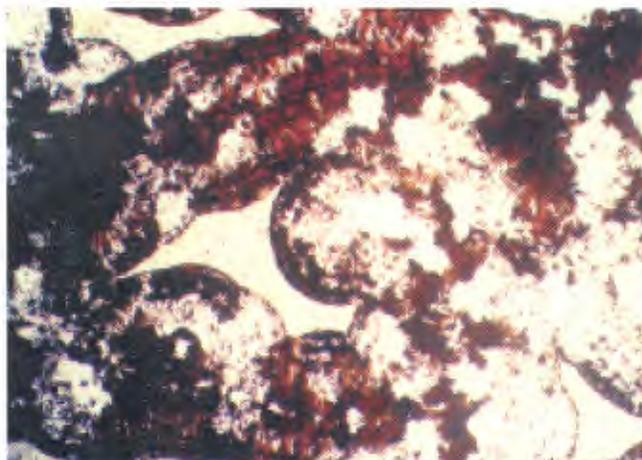
Fotografía 12. Estromatolito, enteroformas.



Fotografía 15. Estromatolito, formas semiesféricas.



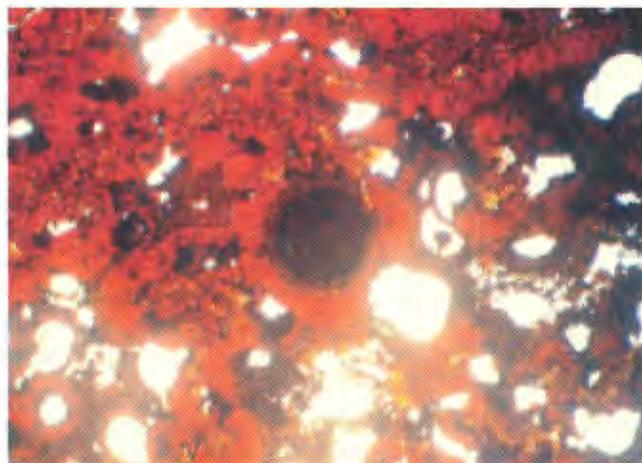
Fotografía 13. Laminación en el estromatolito.



Fotografía 16. Microfotografía formas globulares en grafito, parcialmente reemplazado por óxido férrico (nicoles paralelos).

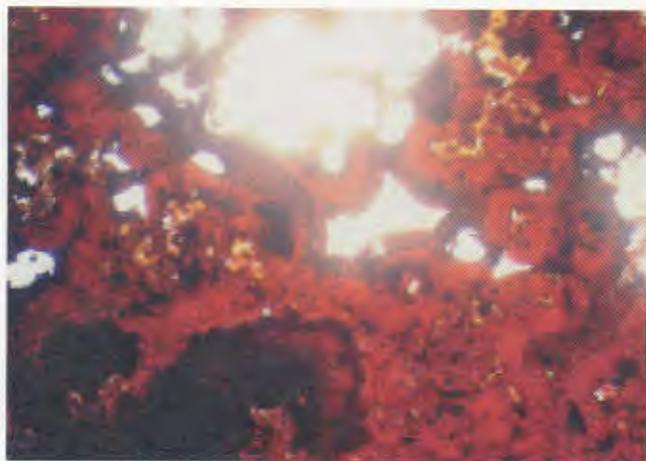


Fotografía 14. Estromatolito, formas globulares.



0,24 mm

Fotografía 17. Microfotografía de forma esférica de posible origen orgánico (nicoles paralelos) 4x.



0 — 0.24 mm

Fotografía 18. Formas globulares en óxido férrico 4x.



Fotografía 19. Nivel de magnetita.



Fotografía 20. Areniscas cruzadas de vetillas de cuarzo y teñidas de óxido férrico.



Fotografía 21. Hierro bandeado, obsérvese la alternancia de niveles silíceos y niveles ferrosos.



Fotografía 22. Mineral de hierro primario sin bandeamiento.



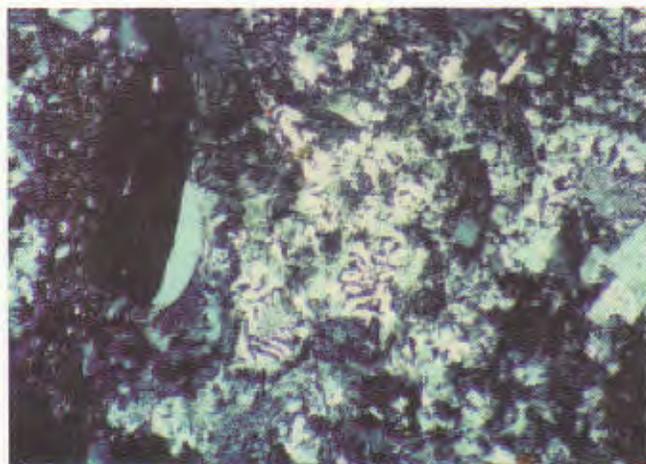
Fotografía 23. Mineral de hierro primario, zona de Mata de Aji.



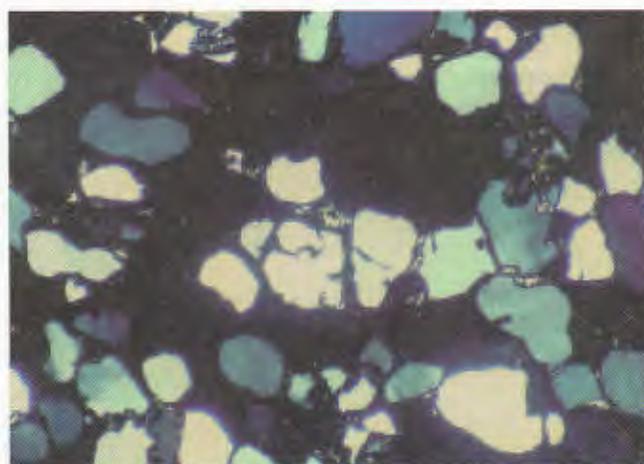
Fotografía 24. Facies porfirítica de la intrusión sienítica.



Fotografía 27. Brecha de falla silicificada.



Fotografía 25. Microfotografía de la intrusión, obsérvese la textura gráfica (nicoses cruzados) 4x.

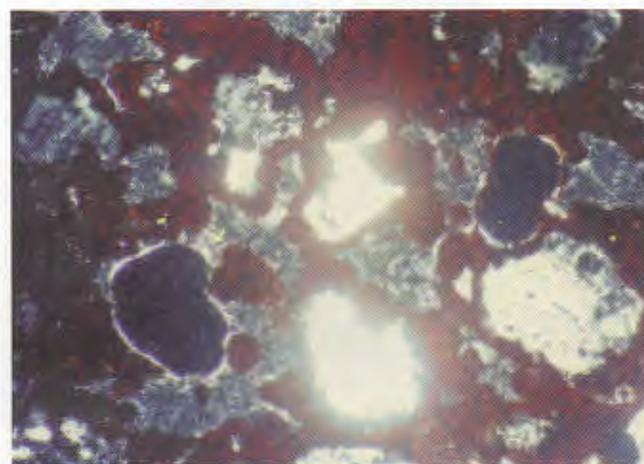


0.09 mm

Fotografía 28. Microfotografía de granos de cuarzo, rodeados de oligisto (nicoses cruzados) 10x.



Fotografía 26. Xenolito de cuarcita en la intrusión.

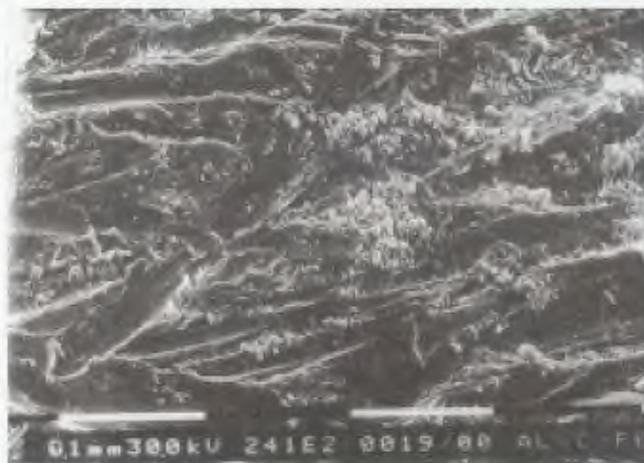


0 0.09 mm

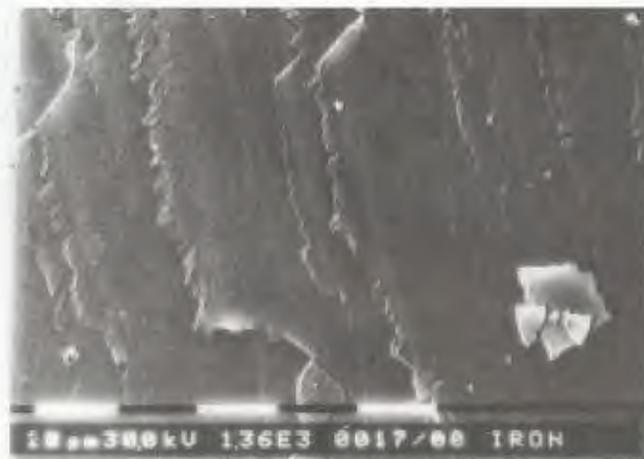
Fotografía 29. Microfotografía de sílice y óxido férrico en el estromatolito (nicoses paralelos) 4x.



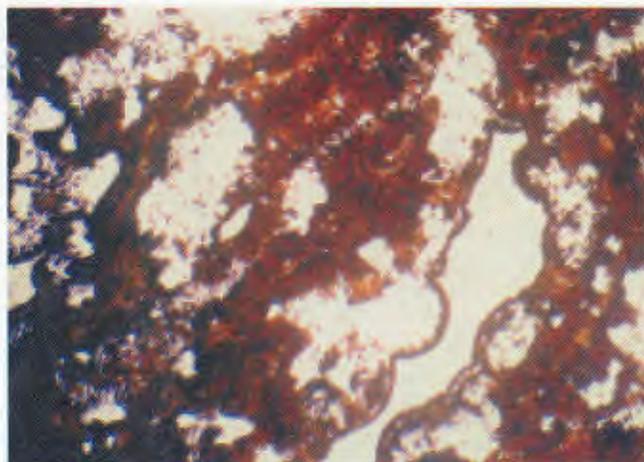
Fotografía 30. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



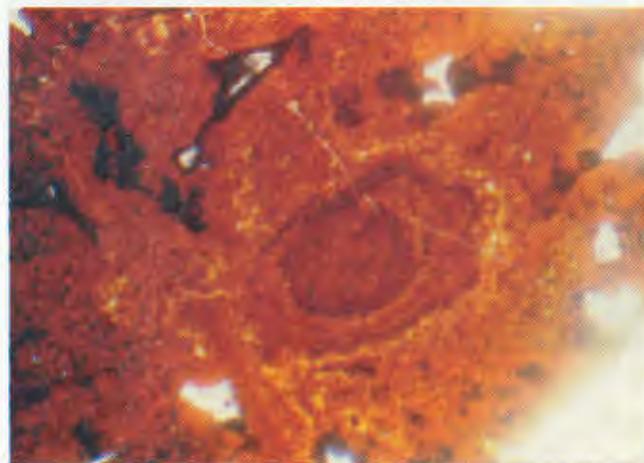
Fotografía 31. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



Fotografía 32. Aspecto textural del estromatolito al microscopio electrónico.



Fotografía 33. Microfotografía, formas globulares con una aureola reticular en las que se presenta reemplazamiento de grafito por óxido férrico (nicoses paralelos) 4x.



Fotografía 34. Microfotografía, forma ameboide en óxido férrico (nicoses paralelos) 10x.



Fotografía 35. Microfotografía, formas globulares con aureola reticular en óxido férrico (nicoses paralelos).



Fotografía 36. Mineral de hierro sin bandeamiento.

Referencias Citadas

- Alexandro, E. A. 1973. The Precambrian Banded Iron Formations of the Soviet Union, *Economic Geology*, **68**(7): 1035-1062.
- Awramik, S. M. 1977. Paleobiology of Stromatolites en *Chemical Evolution of the Early Precambrian* editado por Cyril Ponnamperuna, Academic Press, p. p. 111-131.
- Barghoorn, E. S., & Tyler, S. A. 1965 - Microorganisms from the Gun Flint Chert, *Science*, vol. 147. p. p. 563-567.
- Bayley, R. W., & James, H. L., 1973 - Precambrian Iron Formations of the United States, *Econ. Geol.*, **68**(7): 934-959.
- Dorr, J. V. N., 1973 - Iron Formation in South America, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1005-1022.
- Galvis, J. Gómez L.S. 1997. Electron microscopy researches, the clue of a possible biological origin of Precambrian iron deposits. *Acta Microscópica*. Vol. 6. B. Sep. 1997. Interamerican Electron Microscopy Congress.
- Galvis, J., Huguet, A. & Ruge, P., 1979 - Estudio Geológico de la Amazonía Colombiana, *Bol. Geol.*, **22**(3): 3-86 Bogotá.
- Goldich, S. S., 1973 - Ages of the Precambrian Iron Formations, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1126-1134.
- Laberge, G.L., 1973 - Possible Biological Origin of Precambrian Iron Formations, *Econ. Geol.*, **68**(7): 1098-1109.



Localización de los yacimientos descritos