

# HIERRO OOLÍTICO EN EL ÁREA DEL MUNICIPIO DE MITÚ (DEPARTAMENTO DE VAUPES, AMAZONÍA COLOMBIANA)

## OOLITIC IN IRON COUNTY AREA MITU (VAUPES, COLOMBIAN AMAZON)

Gabriel Rodríguez

*Esp., Geologo, Servicio Geológico Colombiano - Grupo de Trabajo Regional Medellín. grodriguez@sgc.gov.co*

José Gilberto Bermúdez

*Geologo, Servicio Geológico Colombiano - sede Bogotá. jbermudez@sgc.gov.co*

Carolina Ramirez

*Geologa, Grupo de Bullet. caro\_2881@hotmail.com*

Kepler Ramos

*Geologo. kepler6@gmail.com*

Francy Ortiz

*Geologa, Continental Gold. francyortiz@gmail.com*

Janeth Sepúlveda

*Geologa, Servicio Geológico Colombiano - sede Bogotá. mjsepulveda@sgc.gov.co*

María I. Sierra

*Msc UNAM. Estudiante de doctorado Universidad Autonoma de México. mariais85@hotmail.com*

Recibido para evaluación: 18 de Mayo de 2012 / Aceptación: 03 de Mayo de 2013 / Recibida versión final: 02 de Julio de 2013

**RESUMEN:** Las manifestaciones de hierro oolítico en los alrededores de Mitú –Vaupés– están asociadas a los perfiles de meteorización del Complejo Migmatítico de Mitú (CMM) lo que permite clasificarlos como lateritas. Las lateritas ferruginosas oolíticas constan de un horizonte superior de oolitos sueltos o poco consolidados, de un horizonte intermedio de costras ferruginosas de oolitos subsféricos cementados por óxidos de hierro, de cuarzo de tamaño arena, y de un horizonte inferior de costras esferoidales de mineral de hierro oolítico que pasan gradualmente a un núcleo de granitoide. Las lateritas que afloran en un área aproximada de 583 km<sup>2</sup>, tienen valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> entre 35% y 66% para el 59% de las muestras obtenidas en apiques a lo largo de la vía Mitú – Monforth; además muestran enriquecimiento en titanio, hierro y aluminio, con respecto a la roca parental Granitoide, el MnO conserva valores similares a la roca fresca mientras que los valores de Na<sub>2</sub>O, CaO, K<sub>2</sub>O y MgO indican que se empobrecen en sílice y en estos elementos.

**Palabras clave:** Complejo Migmatítico de Mitú, hierro oolítico, laterita, Terciario Superior Amazónico, Vaupés.

**ABSTRACT:** The appearance of oolitic iron nearby Mitú (Vaupes) are related to the weathering profiles of the Complejo Mitú (CMM) and so they can be classify as laterites. These iron bearing oolitic laterite made of an upper horizon of loose or slightly consolidated oolites and intermediate horizon of ferruginous crust made of sub spherical oolites cemented by iron oxides, sand size quartz and lower horizon of spheroidal crusts of oolitic iron varies gradually to a core of granitoid.

The laterites outcrop in an area of circa 583 km<sup>2</sup> where for 59 % of the samples collected in apiques made along the road Mitú-Montforth; the Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> values varied between 35 % and 66 %, futher more these sample are enriched in titanium, iron aluminium in relation to the granitoid parental rock, values of MnO are similar with those observed in the fresh rock, whereas the values of Na<sub>2</sub>O, CaO, K<sub>2</sub>O and MgO show that the samples are depleted in silica and in these elements.

**Keywords:** Complex Migmatites Mitu, oolitic iron, laterite, Tertiary Amazonian, Vaupés..

### 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Colombiano de Geología y Minería -INGEOMINAS- hoy Servicio Geológico Colombiano –SGC– en el año 2010, durante la elaboración de la

cartografía geológica a escala 1:100.000 de la plancha 443 - Mitú (de acuerdo con nomenclatura IGAC), reconoció en terrenos de jurisdicción del municipio de Mitú sectores enriquecidos en mineral de hierro, considerados como manifestaciones mineralógicas

por Huguett, *et. ál.* (1979). Esta situación dio lugar al desarrollo de un muestreo de orientación para caracterizar y valorar estas ocurrencias de hierro.

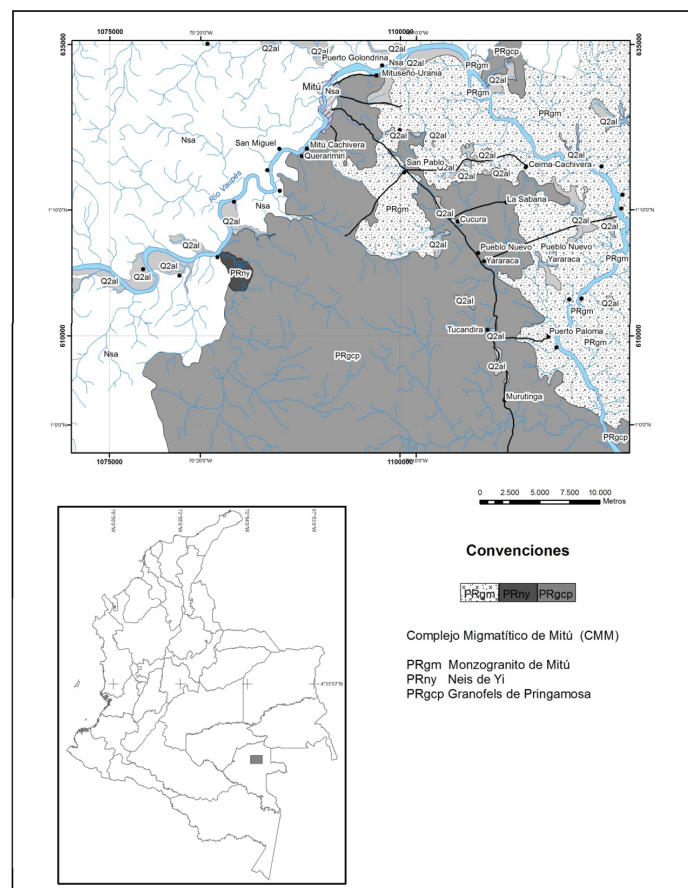
El muestreo de orientación se concentró en los terrenos atravesados por la vía Mitú-Monforth y en proximidades a las comunidades indígenas de Ceima-Cachivera, Tucandira, Cucura y Puerto Paloma (sector oriental de la plancha 443 – Mitú, al sur del río Vaupés – (Figura 1), donde las manifestaciones de hierro se observaron asociadas a suelos residuales del Complejo Migmatítico de Mitú en zonas de relieve plano y colinas bajas.

## 2. MARCO GEOLÓGICO

El Complejo Migmatítico de Mitú aflora en el sector oriental de la plancha 443 – Mitú (Figura 1), conformando un macizo con un área de afloramiento de 1.115 km<sup>2</sup>, con rasgos geomorfológicos variados que van desde *inselbergs* y *tors* hasta pedimentos,

variación que no obedece a cambios litológicos, por el contrario, una misma unidad puede presentar uno, dos o tres de estos rasgos.

El nombre de Complejo Migmatítico de Mitú (CMM) fue propuesto por Galvis, *et ál.*, (1979) para agrupar las rocas cristalinas que conforman el Escudo de la Guayana en Colombia, al sur del río Guaviare; conjunto litológico compuesto por metasedimentitas arenáceas y pelíticas, metaígneos básicos y cuarzofeldespáticos, blastomilonitas y granitos migmatíticos con variaciones de alaskita a monzonita. En el área de la plancha 443 – Mitú, Rodríguez *et ál.*, (2011a y b) dividen el CMM en tres unidades (Figura 1): Granito de Mitú (PRgm), Granofels de Pringamosa (PRgcp) y Neis de Yi (PRny), con base en diferencias texturales y estructurales, aunque estas unidades tienen composición mineralógica similar, y al graficar los porcentajes de los minerales constituyentes en un diagrama QAP caen principalmente en el campo de los monzogranitos.



**Figura 1.** Mapa de localización de las unidades del Complejo Migmatítico de Mitú. (Rodríguez *et ál.*, 2011)

Además del CMM, en el área de estudio y específicamente al sur del núcleo poblado del municipio de Mitú, aflora una secuencia sedimentaria denominada informalmente por Galvis, *et ál.*, (1979) como Terciario superior amazónico (TSA) (Figura 1), a la que le atribuyen un origen continental y un carácter heterogéneo. Estos autores adicionalmente puntualizan que al suroeste de Mitú se observa una capa oolítica de hidróxidos de hierro de 3 m de espesor, reposando sobre granitos del CMM y la asocian a la base de la secuencia sedimentaria. Sin embargo, en los trabajos de cartografía y muestreo de orientación del presente estudio y para el área de interés, las relaciones de campo entre el TSA y CMM muestran que el hierro oolítico se origina a partir de meteorización de las rocas graníticas del CMM.

En la plancha 443 Mitú esta unidad sedimentaria la conforma un conjunto de capas gruesas de arcillolitas grises, amarillas y abigarradas, areniscas arcillosas,

limolitas con algunos lentes de materia orgánica y costras de material ferruginoso - arenoso, las cuales descansan de manera discordante sobre las rocas del CMM.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

El muestreo de orientación del hierro oolítico se realizó a lo largo de la vía Mitú – Yarasaca – Santa Cruz y Yarasaca – Puerto Paloma (Figura 2) mediante una línea de apiques distanciados entre sí 300 m. En total fueron excavados 64 apiques con una profundidad mínima de 1.50 m y en cada apique se tomo una muestra de canal cada 50 cm; se analizaron óxidos mayores por los métodos de Absorción Atómica y Fluorescencia de Rayos X en los laboratorios químicos del SGC en Medellín y Bogotá. Con este análisis se calculó el contenido de  $Fe_2O_3$  promedio por apique teniendo en cuenta la profundidad de cada apique en particular y se agruparon los resultados en clases.

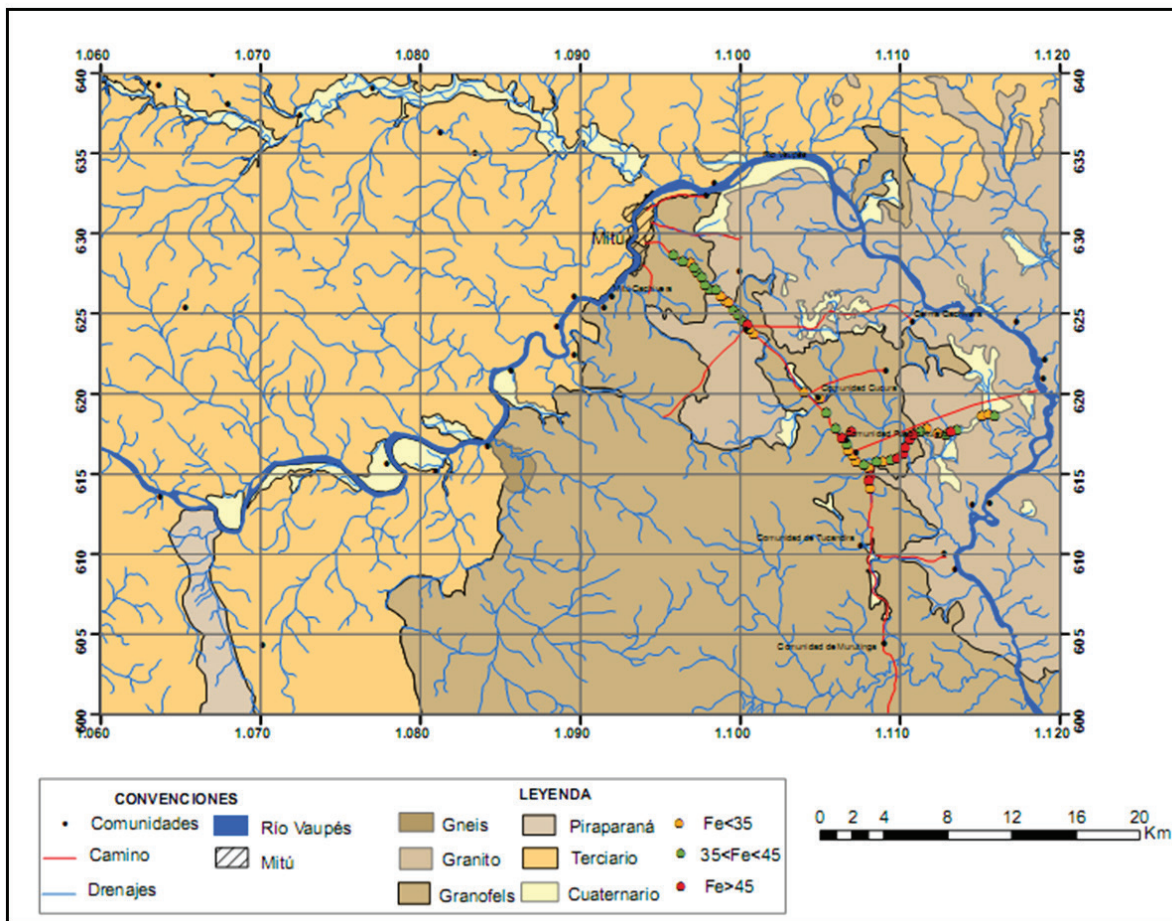


Figura 2. Localización de apiques con los valores de FeO total obtenidos en laboratorio.

#### 4. CARACTERÍSTICAS Y EXTENSIÓN DE LA MANIFESTACIÓN DE HIERRO OOLÍTICO.

Las manifestaciones de hierro oolítico en los alrededores de Mitú –Vaupés– están asociadas a los perfiles de meteorización de las rocas que conforman el CMM. Así, en este sector de clima tropical donde las rocas han estado expuestas por largos periodos de tiempo, a elevadas temperaturas e intensas lluvias, el proceso de meteorización da como resultado niveles enriquecidos en hierro, lo que permitiría catalogarlos como lateritas.

Los suelos lateríticos ferruginosos se localizan en superficies peneplanizadas con relieves residuales de cerros redondeados bajos conformados por las rocas del CMM. Las lateritas ferruginosas oolíticas generadas a partir de estas rocas granitoides, constan de un horizonte superior de oolitos sueltos o poco consolidados, de un horizonte intermedio de costras ferruginosas, subhorizontales

constituidas por oolitos subsféricos cementados por óxidos de hierro, el cual puede incluir granos de cuarzo de tamaño arena, y de un horizonte inferior de costras esféricas de mineral de hierro oolítico que pasan gradualmente a un núcleo de granitoide (Figura 3).

El mineral de hierro –lateritas ferruginosas- está formado, dependiendo del horizonte observado (Figura 3), por oolitos de hierro de tamaño arena gruesa en una proporción que varía de 30% a 70%, por cuarzo anguloso de tamaño arena fina entre 5% y 15%, flotando en una matriz limo-arcillosa teñida de óxidos de hierro, con empaquetamiento desde flotante hasta tangencial. A escala macroscópica el tamaño de los oolitos varía entre 0,5 y 1 mm de diámetro y en algunos casos, como en afloramientos de la vía a Puerto Paloma, hay oolitos de hasta 3 mm; su morfología es esférica a levemente alargada. El mineral de hierro tiene una densidad promedio de 2.9 ton/m<sup>3</sup>

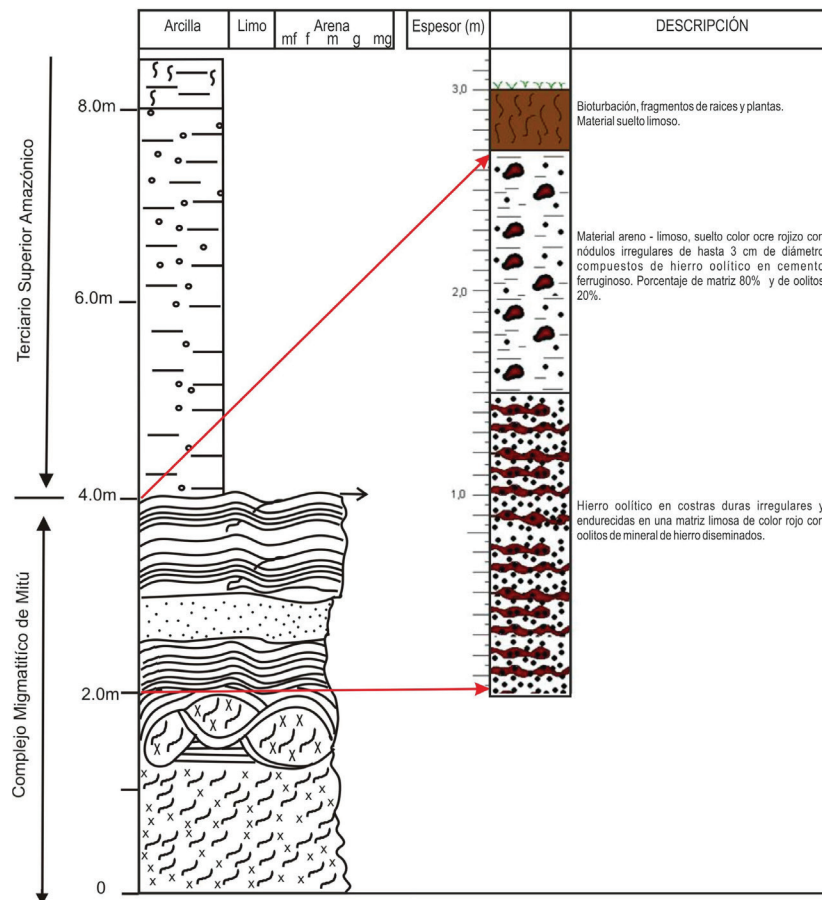
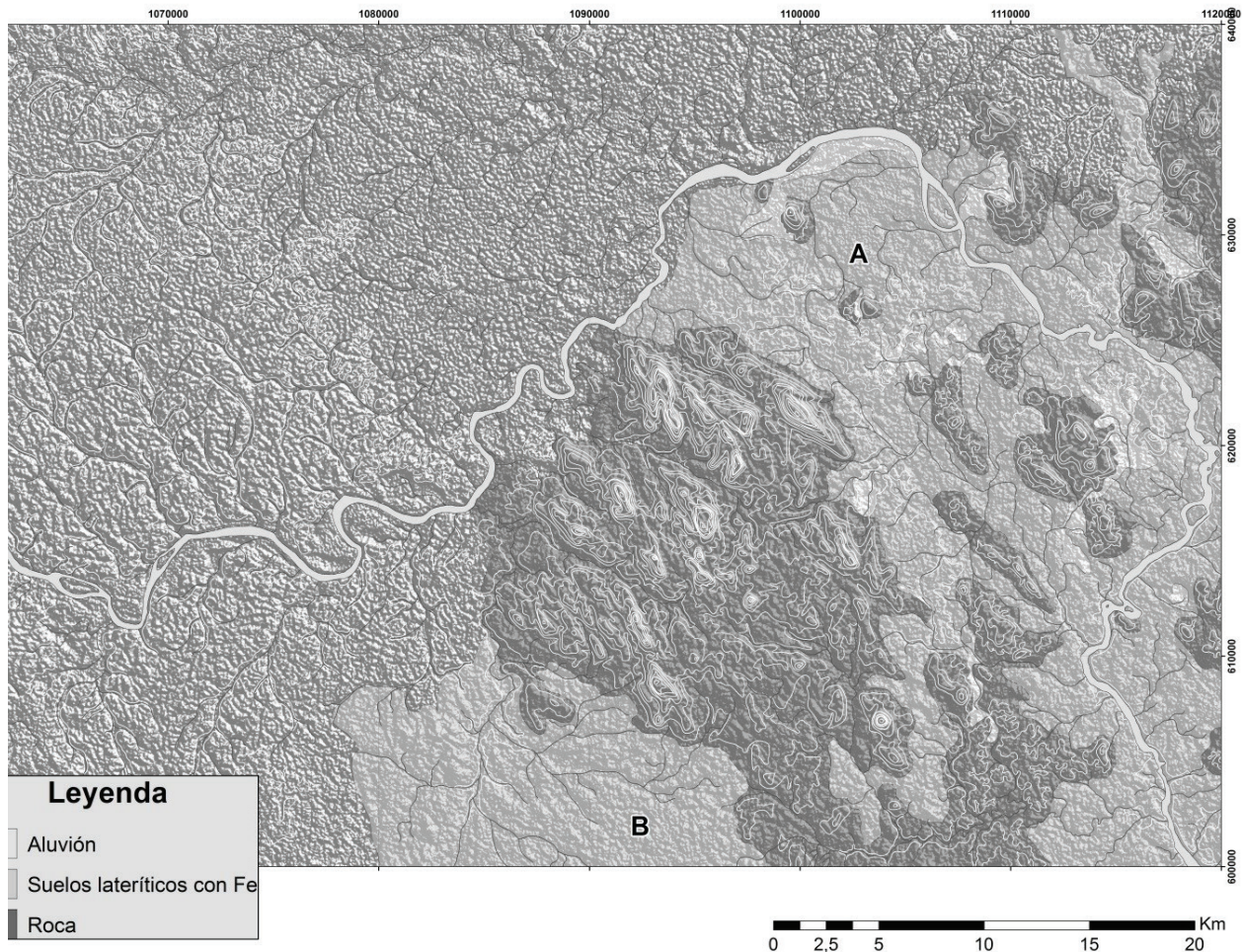


Figura 3. Perfil de meteorización generalizado para las rocas granitoides del CMM.

Teniendo en cuenta que el mineral de hierro se presenta asociado a los suelos residuales de las rocas del CMM y a zonas de topografía plana a ligeramente ondulada, para determinar el área potencial del prospecto, se comparó el mapa de estaciones de campo con reporte de suelos lateríticos, con el modelo digital de elevación de la NASA STRM (2006), resultando de este análisis la definición

de dos áreas potenciales para hierro: los polígonos A y B (Figura 4). El polígono A con una superficie de 440 km<sup>2</sup>, está delimitado por el río Vaupés al oriente y el Cerro Pringamosa al occidente; el polígono B con una extensión de 143 km<sup>2</sup> se encuentra al occidente del Cerro Pringamosa, delimitado por éste al oriente y por el Caño Yi al occidente para un total de 583 km<sup>2</sup>.



**Figura 4.** Áreas con potencial para hierro oolítico. Polígonos A con 440 km<sup>2</sup> y B con 143 km<sup>2</sup>. (Rodríguez *et. ál.*, 2011).

## 5. CONTENIDO DE HIERRO Y POTENCIAL MINERAL.

De acuerdo con los análisis de laboratorio asociados al muestreo de orientación los valores promedio del contenido de óxidos mayores en los suelos lateríticos, muestran valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total desde 3.3%, en zonas

con influencia de aluviones ricos en cuarzo, hasta valores máximos de 65.6% en zonas enriquecidas en hierro; el 59% de los apiques tienen valores mayores a 35% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabla 1.** Resultados analíticos para óxidos mayores en rocas del CMM.

IGM	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total	Clasificación petrográfica
5000342**	69,7	13,9	3,43	0,03	0,74	1,65	2,36	5,75	0,53	0,19	0,4	98,6	GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk, Bt
5000350*	58,7	14,1	10	0,2	1,61	2,95	2,5	5,66	1,44	0,48	0,85	98,5	MONZOGRANITO
5000372**	61,9	15,2	7,64	0,11	2,23	4,7	2,57	2,53	1	0,24	0,33	98,5	GRANULITA DE Pl, Qz, Bt, Fk con Opx
5000392**	67,9	14	5,43	0,1	1,1	2,82	3,12	4,64	0,95	0,41	0,47	101	NEIS DE Fk, Qtz, Pl, Bt
5000394**	73,1	13,4	1,58	0,02	0,26	1,29	2,76	5,49	0,19	0,05	0,36	98,5	GRANOFELS DE Qz-Fk-Pl con Bt
5000397*	73,7	12,9	2	0,03	0,26	1,6	2,63	5	0,21	0,04	0,13	98,6	SIENOGANITO
5000446*	66,82	13,6	6,84	0,117	1,14	3,09	2,46	4,87	1	0,33	0,54	100,8	MONZOGRANITO
5000367**	70,4	14,4	3,03	0,04	0,67	1,75	2,67	6,1	0,42	0,11	0,39	100	GRANOFELS DE Qz, Pl, Fk, Bt

\*Monzogranito de Mitú \*\*Granofels de Pringamosa

**Tabla 2.** Valores promedios de óxidos mayores en suelos lateríticos (apiques).

APIQUE	Espesor (m)	Fe2O3%	Al2O3%	TiO2%	SiO2%	MnO%	Na2O%	K2O%	MgO%	CaO%	P2O5%
1	2,5	44,82	10,25	1,1	30,99	0,05	0,16	0,12	0,03	0,06	
2	1,8	28,48	18,42	1,18	32,2	0,07	0,12	0,12	0,02	0,04	
3	1,45	10,89	19,42	1,54	56,25	0,03	0,16	0,18	<0,01	0,05	0,13
4	1,5	13,08	17,50	0,89	57,20	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,19
6	1,5	6,12	13,21	1,05	70,91	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	0,13
7	2,4	36,31	8,82	0,83	43,28	0,09	0,32	0,11	0,01	0,11	1,19
8	2,2	3,79	4,49	1,44	86,28	0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,04	0,13
9	1,5	3,47	4,01	1,52	87,47	0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,02	0,11
10	2,15	27,74	5,74	0,90	57,85	0,05	<0,01	0,05	<0,01	0,04	0,85
11	1,4	14,71	18,9	5,94	58,56	0,04	0,42	0,07	0,06	0,11	1,04
12	1,6	40,01	11,57	0,85	35,02	0,25	0,12	0,07	0,01	0,05	
13	1,5	43,49	13,22	0,66	28,36	0,17	<0,01	0,07	0,02	<0,01	1,46
14	0,9	23,57	13,21	1,08	51,67	0,08	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	0,57
15	1,5	28,74	9,33	1,42	51,08	0,09	<0,01	0,03	<0,01	0,01	0,43
16	3,36	13,33	24,24	0,65	48,28	0,05	<0,01	0,23	<0,01	<0,01	0,31
17	1,3	45,25	9,81	1,12	30,81	0,16	0,12	0,03	0,01	0,05	1,01
18	1,7	41,14	10,32	0,88	35,27	0,12	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,90
19	1,3	36,13	14,65	0,89	34,28	0,79	<0,01	0,08	0,01	<0,01	0,80
20	1,8	44,21	16,22	1,21	23,84	0,07	0,19	0,06	<0,01	0,07	0,8
21	1,35	11,47	12,56	0,76	66,37	0,12	<0,01	0,09	<0,01	<0,01	0,21
23	1,5	21,07	7,66	0,70	63,27	0,12	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,43
24	1,5	46,17	11,48	0,77	27,74	0,14	<0,01	0,07	0,01	<0,01	1,40
25	1,25	48,35	14,11	1,00	21,48	0,16	<0,01	0,08	0,02	<0,01	1,34
26	1,5	28,43	27,78	1,59	26,57	0,05	<0,01	0,14	0,03	<0,01	0,69
27	1,2	42,60	13,98	1,08	27,84	0,13	<0,01	0,06	0,01	<0,01	1,26
28	1,5	38,11	24,12	1,23	19,15	0,10	<0,01	0,09	0,03	<0,01	1,03
29	1,2	35,96	15,78	1	32,93	0,01	0,26	0,09	0,01	0,09	0,71
30	1,6	33,54	16,14	0,79	35,74	0,16	<0,01	0,05	0,01	<0,01	0,82
31	1,3	3,30	3,53	0,76	89,36	0,02	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,08
32	1,5	42,64	12,28	0,85	31,10	0,17	<0,01	0,04	0,01	<0,01	1,05
33	2,3	32,64	20,77	1,46	29,56	0,15	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,70
34	0,85	53,12	10,42	1,24	20,47	0,30	<0,01	0,03	0,03	<0,01	1,61
35	0,9	46,18	12,11	1,18	26,23	0,44	<0,01	0,05	0,01	<0,01	1,37
36	1,6	65,68	7,71	0,65	10,43	0,38	<0,01	0,03	0,04	<0,01	2,62
37	1,1	55,52	9,76	0,71	19,58	0,26	<0,01	0,02	0,02	<0,01	1,95
38	1,6	57,16	11,59	0,94	14,54	0,25	0,18	0,04	0,03	0,09	2
39	1,1	30,76	7,18	0,55	53,02	0,07	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	1,09
40	2,7	37,22	8,16	0,56	43,27	0,16	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	1,14
42	1,5	35,73	8,74	0,93	43,93	0,12	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,88
43	1,3	12,68	5,13	0,80	76,30	0,04	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,27
44	3,2	47,86	9,6	0,62	28,39	0,41	0,15	0,08	0,01	0,07	1,45
45	1,4	26,67	10,08	1,25	52,43	0,09	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	0,61
49	1,5	36,38	7,92	0,78	44,89	0,13	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	0,98
50	0,5	40,62	11,52	0,62	35,29	0,07	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	0,96
51	1,5	17,51	25,04	1,16	41,08	0,03	0,28	0,06	<0,01	0,07	0,3
56	0,5	42,38	10,44	0,80	34,57	0,08	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	1,02
59	0,5	42,15	9,51	0,58	36,13	0,14	<0,01	0,05	0,01	<0,01	1,25
61	1,4	39,50	13,18	0,54	33,77	0,12	<0,01	0,13	0,03	<0,01	1,04
62	1,5	48,52	8,20	0,50	30,52	0,24	<0,01	0,02	0,02	<0,01	1,70
63	1,2	63,71	9,15	0,55	11,18	0,09	0,22	0,01	0,01	0,11	2,01
64	1,5	40,63	5,19	0,46	43,73	0,17	<0,01	0,01	0,01	<0,01	1,33

El  $Al_2O_3$  varía entre el 3.5% y el 27.8% y generalmente el aluminio disminuye cuando aumenta el hierro, el  $SiO_2$  muestra el mismo comportamiento. En los suelos lateríticos con contenidos de  $Fe_2O_3$  mayor a 35%, el  $SiO_2$  varía entre 10.4% y 44.9% y para porcentajes menores de  $Fe_2O_3$  éste varía entre 26.6% y 89.4%. Los valores obtenidos muestran enriquecimiento de titanio, hierro y aluminio, con respecto a la roca parental (Tablas 1 y 2); el MnO conserva valores similares a la roca fresca; los valores de  $Na_2O$ , CaO,  $K_2O$  y MgO, indican que se empobrecen en sílice y en estos elementos. Los valores mayores de MgO y  $P_2O_5$  concuerdan con los valores altos en hierro. Aunque no es una norma general, en algunos apiques hay enriquecimiento en  $Fe_2O_3$  a medida que se profundiza en el perfil de meteorización, siendo por lo general, más rico en hierro el horizonte inferior –nivel de costras– que el horizonte superior –nivel de oolitos sueltos.

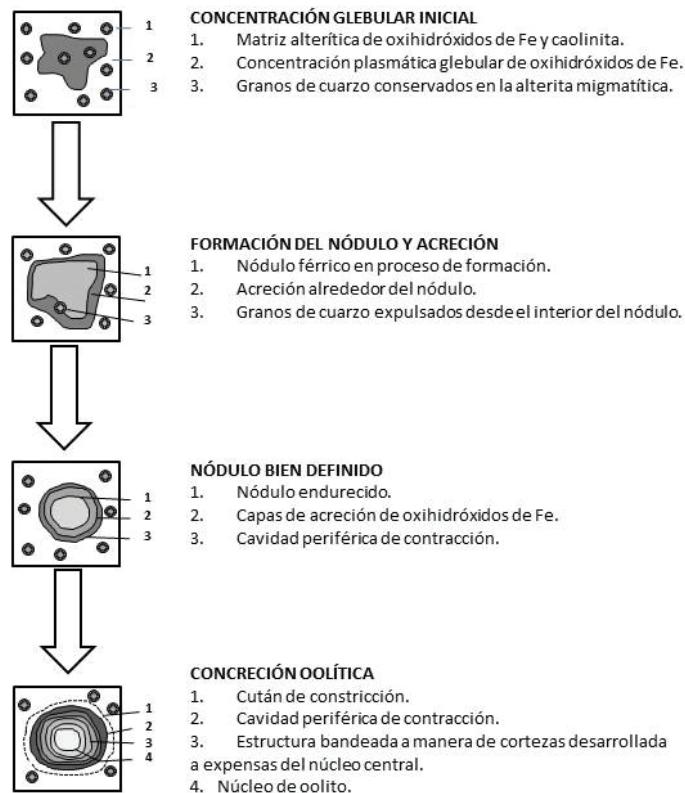
### 6. ORIGEN DEL MINERAL DE HIERRO

En la Amazonía Brasileira (Costa, 1991) y en la Amazonía y Orinoquía Colombiana (Galvis, *et. al.*

1979) se ha reportado la presencia de costras ferruginosas de espesor variable y de distribución irregular, las cuales fueron observadas en la zona del presente trabajo como costras ferruginosas a las que se asocian capas de hierro oolítico, conjunto con un espesor máximo de 4 m.

Diversos orígenes han sido propuestos para la formación del mineral de hierro, algunos autores le atribuyen un origen en amplias zonas lacustres, asociándolo a la base del Terciario Superior Amazónico discordante sobre el perfil de meteorización de las rocas graníticas del CMM (Galvis, *et. al.*, 1979).

De acuerdo con los trabajos de cartografía geológica y el muestreo de orientación adelantados en el área de interés, se infieren tres posibles ambientes y mecanismos de formación: a) lateritización del suelo residual derivado de las rocas del CMM en un ambiente pantanoso y clima tropical; b) precipitación química del hierro disponible en estado coloidal en un ambiente lagunar somero y c) una mezcla de ambos procesos.



**Figura 5.** Evolución de glébulas intraplasmática en el origen del hierro oolítico (Dibujado y modificado de IGAC, 1996 a partir de Nahon, 1991).

La primera opción se refiere a la generación de capas oolíticas a partir de una segregación del saprolito con desarrollo de una laterita pisolítica de pequeños oolitos endurecidos y yuxtapuestos, formados en condiciones de inundación (IGAC, 1996). Las capas de hierro oolítico serían entonces el resultado de la transformación de las matrices de alteración, en concentraciones de plasma, esféricas a subsféricas llamadas glébulas, las cuales se forman por procesos pedogenéticos en la alterita y pueden ser diferenciados como nódulos, septarias, pisolitos y gránulos (Tardy, 1997). Su formación concéntrica dada mediante el proceso de glebulización es producto de la reactividad diferencial del suelo durante los ciclos húmedos y secos. El esquema de los estados de evolución de

las glébulas de Nahon (1991 en IGAC, 1996) explica como una matriz compuesta de goetita-hematita y aluminosilicatos con fragmentos de cuarzo (como es el caso del saprolito del CMM) evoluciona desde glébulas hasta oolitos (Figura 5). Este desarrollo de nódulos puede avanzar hasta desarrollar una capa endurecida en la parte superior de los perfiles lateríticos (Tardy, 1997), como se observó en algunos de los perfiles levantados en los alrededores de Mitú. De acuerdo a esto el origen del hierro oolítico de Mitú estaría estrechamente ligado a la alteración de rocas granitoides del CMM y no a la sedimentación del Terciario Amazónico. Observaciones realizadas en el área muestran el desarrollo esferoidal de costras de hierro oolítico alrededor de núcleos de granitoides frescos del CMM (Figura 6).



**Figura 6.** Desarrollo de hierro oolítico a partir de las rocas del CMM. A y B Meteorización esferoidal de los granitoides con desarrollo de costras de hierro oolítico concéntricas alrededor de núcleos inalterados. C. Detalle de las costras oolítica alrededor de núcleos de granitoide.



En la vía que de Mitú conduce a Ceima-Cachivera a pesar de no observarse un perfil de meteorización completo, se evidencia el desarrollo de mineral de hierro oolítico a partir de la meteorización de las rocas graníticas del CMM, se observa un saprolito con meteorización química, con feldespato y plagioclasa alterados a minerales de arcilla conservando su forma y con biotitas decoloradas por pérdida de hierro, luego pasa hacia la superficie a un suelo limo arenoso ferruginoso en el cuál solo se conserva parte del cuarzo con los bordes corroídos y se desarrollan oolitos. Igualmente, en la vía Mitú-Murutinga se observa en un perfil de meteorización de las rocas graníticas del CMM, reliquias de segregaciones irregulares de cuarzo y de la textura original de la roca, asociados a desarrollo de oolitos de tamaño menor a 0,5 mm flotando en el saprolito.

Respecto al origen por precipitación química, el agua aireada de ríos con  $pH7$  o más bajo son capaces de llevar importantes cantidades de Fe ferroso ( $Fe^{2+}$ ) en solución, si dicha solución entra en contacto con un medio marino donde el carbonato de calcio sólido está en equilibrio con el agua de mar, el hierro será precipitado como óxido férrico (Maksaev, 2001). El hierro oolítico está constituido por pequeñas esferas formadas por capas concéntricas de óxido férrico, depositadas alrededor de un núcleo de sílice o calcita. Por lo general no sobrepasan de 1 mm de diámetro, y están cementadas por óxidos de hierro o por arcilla, originando un mineral que tiene por término medio un 50% de óxido férrico. Se infiere que en su formación han intervenido bacterias ferruginosas, que provocaron la precipitación de los compuestos férricos, simultáneamente al depósito de arcillas, en aguas marinas someras.

Los perfiles de meteorización con hierro oolítico, en los alrededores del municipio de Mitú, se caracterizan por presentar un horizonte parental conformado por rocas granitoides con evidente meteorización esferoidal, donde las capas concéntricas que rodean el núcleo de roca están conformadas por oolitos de óxidos de hierro. Sobre las rocas meteorizadas se encuentra un horizonte inferior formado por costras ferruginosas embebidas en una matriz ocre de limo y oolitos de hierro tamaño arena fina a media, la relación matriz – costras es en general 1:3. La geometría de las costras ferruginosas en este horizonte es tabular alargada con espesores entre 1 cm y 10 cm, están dispuestas de

manera subhorizontal y en conjunto pueden alcanzar un metro ó más de espesor (Figura 3). Estas costras ferruginosas, de colores ocres a pardo oscuros, están constituidas por oolitos de hierro cementados por óxidos secundarios de hierro. Hacia arriba en el perfil de meteorización van desapareciendo gradualmente las costras ferruginosas para dar paso a un horizonte intermedio menos consolidado y suelto, de textura limo-arenosa, constituido por nódulos ferruginosos de geometría irregular, de  $< 3$  cm de diámetro embebidos en una matriz limo-arcillosa en la que se observan oolitos individuales o como agregados y que conforman un 20 % de ésta. Al igual que las costras ferruginosas los nódulos los conforman oolitos de hierro cementados por óxidos secundarios de hierro. La relación matriz–nódulos ferruginosos puede establecerse 2:1. Hacia la superficie del perfil de meteorización se encuentra el horizonte superior constituido por limo ferruginoso con oolitos de hierro suelo, donde la relación es de 4:1. Este horizonte superior en zonas deforestadas presenta poca cohesión y sus materiales pueden ser fácilmente transportados por el viento o el agua, lo que permite la acumulación de oolitos de hierro en surcos y en aluviones junto a cuarzo.

En el contacto entre las sedimentitas del Terciario Amazónico y el CMM pueden o no estar presentes las costras de hierro oolítico, en algunos sectores las sedimentitas del terciario reposan sobre el basamento cristalino, el cual presenta un nivel superior de costras de hierro que sigue el contorno paleo-topográfico del basamento y las arcillas terciarias reposan horizontalmente sobre esta paleotopografía, en otros sectores las arcillolitas están directamente sobre la roca Granitoide.

## 7. CONCLUSIONES

El muestreo del mineral de hierro es de orientación, se hizo para obtener una idea general de los valores de hierro, la extensión, espesor y continuidad del mineral que aflora en los alrededores del Municipio de Mitú.

Los análisis realizados a la totalidad de las muestras (177 en 64 apiques) permiten diferenciar el hierro de Mitú en tres clases, de acuerdo a los tenores de mineral de hierro: Clase 1:  $Fe_2O_3 < 35\%$ ; Clase 2:  $35\% < Fe_2O_3 < 45\%$  y Clase 3:  $Fe_2O_3 > 45\%$ .

El 41% de los apiques tienen contenido de  $Fe_2O_3$

menores al 35%, siendo de poco valor económico. El 59 % de los apiques tienen valores interesantes mayores al 35% en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . La distribución de valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  mayores al 35% no es continua, forma agrupaciones, que en el caso del muestreo adelantado pueden alcanzar más de un kilómetro lineal, esto indica que una campaña de exploración para definir áreas de enriquecimiento debe partir de un muestreo sistemático que permita conocer los volúmenes de las zonas enriquecidas y los valores de hierro contenidas en ellas.

El área potencial con mineral de hierro estimada es de 583 km<sup>2</sup>, claramente se reducirá al momento de hacer una exploración sistemática del recurso, no siendo posible prever con la información obtenida en este estudio el verdadero tamaño y los recursos disponibles de mineral de hierro en los alrededores de Mitú.

La formación del hierro oolítico se dio por laterización del suelo residual derivado de las rocas granitoides del Complejo Migmatítico de Mitú, en un ambiente pantanoso y clima tropical, conclusión que es soportada por la meteorización esferoidal observada en granitoides del CMM con desarrollo de capas concéntricas de hierro oolítico alrededor de núcleos inalterados de granitoides, al desarrollo de mineral de hierro superficial siguiendo la topografía y el paleo-relieve del Complejo, la cual localmente fue cubierta por sedimentos arcillosos del Terciario Superior Amazónico, y no como propuso Galvis, *et. ál.* (1979), que le atribuyeron un origen en amplias zonas lacustres, asociándolo a la base del Terciario Superior Amazónico discordante sobre el CMM.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Servicio Geológico Colombiano (SGC) poseedor de la información utilizada en este trabajo, a las comunidades y líderes indígenas por la disposición a acompañar a los geólogos en sus tareas, al Ejército Nacional y al Secretario de Agricultura de

la Gobernación del Vaupés Carlos Castañeda por el apoyo brindado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Costa, M.L. 1991. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. *Revista Brasileira de Geociencias*, 21 (2), pp.146-160. Cox et ál., 1979.
- [2] Galvis, J., Huguett, A. & Ruge, P. 1979. Geología de la Amazonía Colombiana. Informe 1792. *Boletín Geológico*, XXII (3), p 1-86. Garavito, 1993.
- [3] Huguett, A., Galvis, J., Ruge, P. 1979. Geología de la Amazonía Colombiana. Proyecto radargramétrico del Amazonas "PRORADAM". La Amazonía colombiana y sus recursos, Memoria técnica, Tomo II, p 35 Nahon (1991 en NASA STRM (2006)
- [4] IGAC, 1996. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del Municipio de Mitú (Departamento del Vaupés). Tomo I, Capítulo III. Sección 2. Meteorización de las rocas granitoides del Complejo Migmatítico de Mitú. Santa Fe de Bogotá, 127- 192.
- [5] Makshev, V. 2001 Metalogénesis: Depósitos sedimentarios autóctonos. [URL]. En Línea: [https://www.ucursos.cl/ingenieria/2008/1/GL54A/1/material\\_alumnos/bajar?id\\_material=12188](https://www.ucursos.cl/ingenieria/2008/1/GL54A/1/material_alumnos/bajar?id_material=12188)
- [6] Rodríguez, G.; Sepúlveda, J.; Ramírez, C.; Ortiz, F. H.; Ramos K.; Bermúdez, J. G.; Sierra, M. I., 2011 (a). Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica de la Plancha 443-Mitú. *Ingeominas* 168 pp.
- [7] Rodríguez, G.; Sepúlveda, J.; Ramírez, C.; Ortiz, F. H.; Ramos K.; Bermúdez, J. G.; Sierra, M. I., 2011 (b). Unidades, Petrografía y Composición Química del Complejo Migmatítico de Mitú en los alrededores de Mitú. *Boletín Geológico*. Vol 33, No 1. pp. 27 a 42.
- [8] TARDY, Y. 1997. *Petrology of Laterites and Tropical Soils*. Balkema, Rotterdam, p. 408.