

# UNIDADES, PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL COMPLEJO MIGMATÍTICO DE MITÚ EN LOS ALREDEDORES DE MITÚ

Gabriel Rodríguez García<sup>1</sup>; Janeth Sepúlveda Ospina<sup>1</sup>; Carolina Ramírez Cardona<sup>1</sup>;  
Francy Helena Ortiz Párraga<sup>1</sup>; Keepler Ramos Carvajal<sup>1</sup>; José Gilberto Bermúdez Cordero<sup>1</sup>;  
María Isabel Sierra Rojas<sup>1</sup>

## RESUMEN

El Complejo Migmatítico de Mitú se correlaciona con las rocas de la Provincia Río Negro – Juruena (Brasil). En la plancha 443 Mitú aflora en un área aproximada de 1.115 km<sup>2</sup>, donde se dividió en tres unidades denominadas Monzogranito de Mitú, Granofels de Pringamosa y Neis del Yí; unidades que tienen diferencias macroscópicas texturales y estructurales, y composición mineralógica similar.

Las rocas del Monzogranito de Mitú se clasifican petrográficamente como monzogranitos con sienogranitos, granodioritas y granofels cuarzo feldespáticos subordinados. El Granofels de Pringamosa agrupa granofels y neises con estructuras migmatíticas homófonas, nebulíticas, oftálmicas, schlieren y bandeadas, de composición granítica y el Neis del Yí agrupa neises cuarzo feldespáticos con biotita y grandes porfidoblastos de feldespato alcalino a manera de augenes junto a bandas de granofels cuarzo-feldespáticos con biotita. Los minerales esenciales que se encuentran en estas unidades son cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa (oligoclasa-andesina) y biotita. Los minerales accesorios son apatito, circón, monacita, opacos, rutilo, allanita, fluorita y hastingsita.

Las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú son subalcalinas altas en potasio, con afinidad metaluminosa y peraluminosa, corresponden a granitos de tipo A de afinidad ferrosa y de las series de magnetita, con enriquecimiento de REE en las muestras que tienen monacita.

**Palabras Clave:** monzogranito, granofels, Mitú, caño Yí

## LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS, PETROGRAPHY ANDS CHEMICAL COMPOSITION OF THE MITÚ MIGMATITIC COMPLEX IN THE SURROUNDINGS OF MITÚ, COLOMBIA

### ABSTRACT

Mitú Complex migmatites rocks correlates with the province of 'Rio Negro- Juruena' (Brazil). Mitú on the plate geologic 443 in an area of 1,115 km<sup>2</sup> approximately where divided into three units called Monzogranite of Mitú, Pringamosa's Granofels and Neis del Yí; units with macroscopic textural and structural differences, and similar mineralogical composition.

The rocks from Mitú's monzogranite are classified petrographically as monzogranites with syenogranites, granodiorites and subordinated quartz feldspar granofels. The Pringamosa's Granofels groups granofels and gneisses with homophonous migmatitic structures, nebulite, ophthalmic, schlieren and banded, of granitic composition and Neis del Yí' groups quartz tube feldspathic gneisses with biotite and large porphyroblasts alkaline feldspar by way of augen together with quartz-feldspar granofels bands with biotite. The essential minerals found in these units are quartz, potassium feldspar (microcline), plagioclase (andesine-oligoclase) and biotite. Accessory minerals are apatite, zircon, monazite, opaque, rutile, allanite, fluorite and hastingsite.

Roks from Mitú's Migmatites Complex are high potassium sub-alkaline, metaluminous and peraluminous affinity, correspond to grains of A type affinity ferrous and magnetite series, with enrichment of REE in samples with monazite.

**Keywords:** monzogranite, granofels, Mitú, caño Yí

<sup>1</sup>. Profesor Universidad Industrial de Santander. Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS Calle 75 N° 79<sup>a</sup>-51, Medellín, teléfono 2644949 ext 8107-2452-8130 email: [grodriguez@ingeominas.gov.co](mailto:grodriguez@ingeominas.gov.co), [mjsepulveda@ingeominas.gov.co](mailto:mjsepulveda@ingeominas.gov.co), [cramirez@ingeominas.gov.co](mailto:cramirez@ingeominas.gov.co), [kramos@ingeominas.gov.co](mailto:kramos@ingeominas.gov.co), [jbermudez@ingeominas.gov.co](mailto:jbermudez@ingeominas.gov.co).

## INTRODUCCIÓN

Estudios adelantados por INGEOMINAS en los años 2010 y 2011 en Mitú – Vaupés han permitido dividir el Complejo Migmatítico de Mitú en tres unidades y caracterizar las rocas desde el punto de vista químico y petrográfico. En este trabajo se hace una descripción de estos parámetros con el objeto de dar a conocer las unidades y las características de las rocas que la conforman.

El Complejo Migmatítico de Mitú se subdivide en la plancha 443 en tres unidades que se denominan: Monzogranito de Mitú, Granofels de Pringamosa y Neis del Yí, esta separación está soportada en las características macroscópicas, microscópicas y químicas de las rocas que las componen y corresponden a unidades cartografiadas.

El nombre de ‘Complejo Migmatítico de Mitú’ fue propuesto en PRORADAM (Galvis *et al.*, 1979, el cual según estos autores, comprende metasedimentos arenáceos y pelíticos, metaígneos básicos y cuarzo feldespáticos, blastomilonitas y granitos migmatíticos de composición entre alaskita y monzonita; anteriormente se describió como “Grupo Basamento” (Gansser, 1954 en Julivert, 1968) y “Complejo Guayanés” (Pinheiro *et al.*, 1976).

Celada *et al.* (2006) fundamentados en la gran variedad litológica y el hecho de que no todas las rocas aflorantes en la región son migmatitas, proponen el nombre de “Complejo Mitú”. En el presente estudio se utiliza el término de Complejo Migmatítico de Mitú propuesto por Galvis *et al.* (1979); considerando que es el nombre con mayor utilización en la literatura geológica colombiana y al hecho que fue propuesto en la región donde se desarrollo el presente estudio, además, a medida que se caractericen las rocas del basamento del oriente colombiano con trabajos de cartografía, el nombre de Complejo Migmatítico de Mitú o “Complejo Mitú”, dejaran de ser útil para referirse a las unidades que conforman el basamento.

## MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú, se correlacionan con las rocas de la Provincia Río Negro – Juruena en Brasil según Teixeira *et al.* (1989); quienes consideran que esta provincia la constituyen principalmente terrenos de granitoides del Proterozoico

Medio, cuyo carácter isotópico sugiere su evolución a partir de un arco magmático derivado del manto, sin embargo, Dall’Agnol y Macambira (1992) después de estudiar algunos granitos del Bajo Vaupés, dentro de la Provincia Río Negro – Juruena, y teniendo en cuenta la ocurrencia frecuente de rocas néisicas dentro de la provincia, plantean la hipótesis de que los granitoides del Bajo Vaupés se formaron directamente a partir de rocas de corteza o derivados de fuente mantélica pero afectados por una fuerte contaminación de corteza.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se recolectaron 169 rocas del Complejo Migmatítico de Mitú distribuidas en el área de la Plancha 443-Mitú, a 82 se les hizo análisis petrográficos. La clasificación petrográfica siguió las recomendaciones de la *Subcommission on the Systematics of Metamorphic Rocks* (SCMR, 2007) y para las rocas ígneas las normas editadas por Le Maitre (2002). En la identificación de estructuras, texturas y microestructuras se emplearon como guías a Vernon (2004) y Winter (2001).

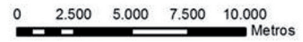
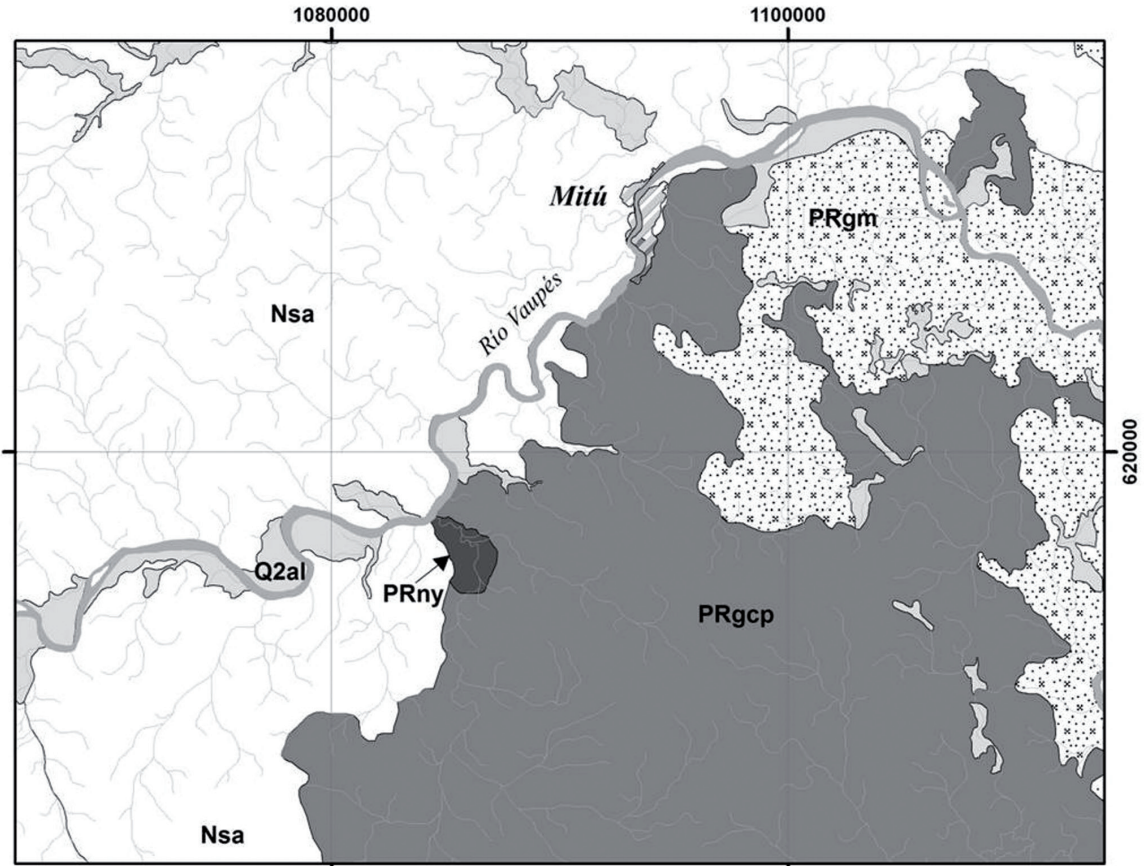
A ocho (8) rocas se les hizo análisis litogeoquímico en el laboratorio ActLabs en Canadá. La determinación cuantitativa de los óxidos mayores, de elementos traza y de las tierras raras se obtuvo por el método de ataque *Fus-ICP* (*Lithium Metaborate / Tetraborate Fusion ICP*) y para el resto por espectrometría de emisión con plasma (*ICP-MS*).

A dos (2) rocas se les adelantó datación radiométrica siguiendo el método Ar/Ar paso a paso en biotita en el laboratorio ActLabs.

## DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

El Complejo Migmatítico de Mitú aflora en un área aproximada de 1.115 km<sup>2</sup> en la plancha 443 (FIGURA 1) y se divide en tres unidades: Monzogranito de Mitú, Granofels de Pringamosa y Neis del Yí. Estas unidades tienen composición mineralógica similar, con diferencias texturales y estructurales que permiten la separación cartográfica.

Monzogranito de Mitú. Es una unidad de aspecto ígneo, forma un cuerpo irregular con un área aproximada de 416 km<sup>2</sup> en el área de estudio y se continúa por fuera de ésta hacia Brasil. La sección tipo corresponde al corte por el río Vaupés entre las comunidades de Santa Cruz y Puerto Antioquia.



**Convenciones**



Complejo Migmatítico de Mitú

PRgm Monzogranito de Mitú

PRny Neis del Caño Yi

PRgcp Granofels del Cerro Pringamosa

FIGURA1. Mapa de Localización de unidades del Complejo Migmatítico de Mitú.

Se caracteriza macroscópicamente por presentar homogeneidad textural y composicional. La roca predominante es de color gris claro a pardo claro moteado de rosado y negro, fanerítica de grano medio y grueso con textura inequigranular bimodal, constituida por cristales euhedrales de feldespato alcalino de forma tabular, color rosado, gruesos de 1 a 4 cm (“megacrístales”) que sobresalen del conjunto y flotan en una “matriz” fanerítica de grano medio y textura granular de composición granítica, constituida por cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, con biotita subordinada que forma nidos o se encuentra intersticial entre los minerales félsicos. Localmente puede tener orientación de los cristales gruesos de feldespato alcalino, restos de bandas irregulares y discontinuas de granofels de composición cuarzo feldespática (granítica), “xenolitos o restitas” de granofels de grano fino a medio, segregaciones pegmatoides de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y magnetita en bandas irregulares discontinuas, venas delgadas de cuarzo lechoso y bandas difusas con estructuras nebulíticas y homófonas de origen metamórfico. Se formó por anatexia (diatexis) y los límites con el Granofels de Pringamosa son graduales transicionales, siendo la roca de aspecto plutónico con estructura isotrópica y textura ígnea bimodal y localmente conserva texturas nebulíticas y homófonas heredadas de la roca parental (diatexitas). (FIGURA 2a).

**Granofels de Pringamosa.** Se agrupan bajo esta unidad las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú que tienen estructuras y texturas propias de rocas metamórficas como estructuras migmatíticas homófona, nebulítica, bandeada y texturas granoblásticas con bajo idiomorfismo de los cristales de cuarzo y feldespatos, así como rocas con estructura néisica. Esta unidad tiene un área de afloramiento de 694 km<sup>2</sup> en la plancha 443 Mitú, ocupa la parte sur oriental y continua al sur en la plancha 462, sin que se conozca la extensión de la unidad en la Amazonía colombiana.

Corresponde a granofels masivos faneríticos de grano medio y localmente medio-fino, con textura granoblástica-granular, localmente con augenes gruesos de feldespato alcalino y sin desarrollo de estructuras penetrativas que indiquen foliación, tienen estructuras migmatíticas homófonas, nebulíticas, oftálmicas, schlieren y bandeadas, y sectores donde las estructuras migmatíticas son débiles (metatexitas y diatexitas), de colores rosados moteados de blanco y negro y composición cuarzo feldespática (FIGURA 2b). Tiene segregaciones y venas pegmatíticas de cuarzo,

feldespato alcalino, plagioclasa, biotita, magnetita y turmalina (?), algunas veces solo están constituidas por cuarzo o cuarzo y feldespato alcalino, están atravesados por venas y venillas graníticas.



**FIGURA 2.** Aspecto macroscópico de los Cuerpos que conforman el Complejo Migmatítico de Mitú en la plancha 443. **a)** Monzogranito de Mitú con textura granular bimodal y color rosado. **b)** Granofels de Pringamosa constituido por rocas con texturas migmatíticas bandeada y nebulítica. **c)** Neis del Yí, con grandes porfiroblastos de feldespato alcalino.

La composición y porcentaje mineral son similares entre el Monzogranito de Mitú y los Granofels de Pringamosa, el cambio se da a nivel de textura y estructura macroscópica, la única diferencia registrada en composición es la presencia frecuente de monacita en el Monzogranito de Mitú y en los bordes de contacto del Granofels de Pringamosa con el monzogranito. La presencia de microclina es indicativa de temperaturas bajas de estabilización las cuales se presentan en los monzogranitos y granofels y es este mineral el que le da el color rosado a las rocas.

**Neis del Yi.** Bajo este nombre se agrupan rocas metamórficas con estructura néisica penetrativa y grandes porfidoblastos de feldespato alcalino a manera de augenes que flotan en una matriz fanerítica de grano medio con estructura néisica (FIGURA 2c). Afloran rocas de este tipo: en la parte baja del caño Yí, en la desembocadura del caño Cuduyarí al río Vaupés y en el río Vaupés en la cachivera María Reina. Los neises forman cuerpos pequeños algunos cartografiados como el del caño Yí, generalmente con intercalaciones de granofels cuarzo feldespáticos. En el caño Yi forma un cuerpo con un área aproximada de 5.45 km<sup>2</sup> aguas arriba de la desembocadura del

caño Yi al río Vaupés, siendo la parte baja del caño Yi la sección tipo de esta unidad.

Los neises porfidoblásticos son macroscópicamente de aspecto nodular y color gris moteado de rosado por los porfidoblastos, presentan textura inequigranoblástica porfidoblástica con matriz lepidoblástica, están constituidos por porfidoblastos idioblásticos de feldespato alcalino de color rosado, de tamaños entre 1 y 10 cm, en algunos se observan dos generaciones de porfidoblastos (bimodales), flotan en una matriz fanerítica de grano medio con estructura néisica y textura lepidoblástica granoblástica, presenta estructura migmatítica bandeada (*layered*). Están constituidas por feldespato, cuarzo, plagioclasa y biotita orientada; se presentan atravesados por venas pegmatíticas de cuarzo y feldespato y al menos dos generaciones de venas de aspecto granítico, tienen intercalaciones de bandas de granofels cuarzo feldespáticos de aspecto granítico concordantes con la foliación de la roca.

## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA.

Se analizaron 82 secciones delgadas (38 del Monzogranito de Mitú, 35 del Granofels de Pringamosa y nueve (9) del Neis del Yi) (TABLA 1).

**TABLA 1.** Composición mineralógica y modal de rocas del Complejo Migmatítico de Mitú

IGM	Qz	PL	Fk	Opx	Anf	Bt	Ms	Op	Ap	Zr	Ru	Ep	Mnz	OTROS	CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA
<b>MONZOGRANITO DE MITÚ</b>															
5000344	36,8	19,9	32,8			7		3		TR	TR			0,5	MONZOGRANITO
5000346	27	21,3	31,2			11		8		TR		1		0,5	MONZOGRANITO
5000347	28,6	18,4	23,3		2,4	15		5			TR	1,9	5,4		MONZOGRANITO
5000348	32,1	17,3	24,7			10		3	TR		TR	0,4	9,9	2,6	MONZOGRANITO
5000349	32,2	24,4	27,2			11,8		3				1,4			MONZOGRANITO
5000350	22,5	29,1	25,1			13		9	TR	TR	TR	TR	TR	1,3	MONZOGRANITO
5000352	35	30	25		2	6				TR		TR	2		MONZOGRANITO
5000359	39,9	34,1	20			5		1		TR					MONZOGRANITO
5000362	30,4	29,6	34,2			4		TR	TR	1	TR		0,8		MONZOGRANITO
5000376	29,5	27,2	28,6			8		1	TR	TR	TR		3,2	2,7	MONZOGRANITO
5000377	26	40	13,5		3,5	15			TR	2	TR				GRANODIORITA
5000379	36	10,4	43,8			7		1,4		1	TR		1	0,4	SIENOGANITO
5000380	37,5	35,5	18,5			6	2		TR	TR		0,5			MONZOGRANITO
5000381	34,3	20,6	28,4			14		1					0,9	0,85	MONZOGRANITO
5000386	32,5	20,2	21,7			15	5	5	TR	TR	TR	0,6			MONZOGRANITO
5000387	26	13,7	16		7,9	25		5				4,3	2,1		MONZOGRANITO
5000388	24,4	14,4	22,2			30	4	TR				3,3		1,7	MONZOGRANITO
5000396	23,5	26,1	46,4			3		1	TR	TR	TR				MONZOGRANITO
5000397	27,9	23,2	45,5			2		TR		TR	TR				SIENOGANITO
5000398	20,2	31,8	24,8			18		3					2,3		MONZOGRANITO
5000438	37,5	21,8	27,6			7		2			TR		4,1		MONZOGRANITO
5000439	34,5	21,1	23,1			8		4	TR				6,1	3	MONZOGRANITO
5000440	28	21	38			8			2	TR	TR		3		MONZOGRANITO
5000441	33,2	21,5	32,5			10		2	TR	TR			TR	0,8	MONZOGRANITO
5000444	29,3	37,9	25,6			5,2		1	1	0	Tr		Tr		MONZOGRANITO
5000445	32,1	29,5	23,3			5		4	TR	TR	TR		6		MONZOGRANITO
5000446	25,8	15,6	13,5		8,5	15		12	TR	TR	TR		6,7	2,9	MONZOGRANITO

Unidades, petrografía y composición química del Complejo Migmatítico de Mitú en los alrededores de Mitú

IGM	Qz	PL	Fk	Opx	Anf	Bt	Ms	Op	Ap	Zr	Ru	Ep	Mnz	OTROS	CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA
<b>MONZOGRANITO DE MITÚ</b>															
5000449	35,5	14,2	17,6			26		1		2			3	2,7	MONZOGRANITO
5000450	36,3	26,3	18,6			12		2		1			3,6	1,2	MONZOGRANITO
5000451	31,6	33,2	16,8		0,4	13,6		TR					4,4		MONZOGRANITO
<b>GRANOFELS DE PRINGAMOSA</b>															
5000341	33	24	29			10	2	2	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk, Bt
5000343	40,5	15,5	28,4			10,6		5	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk,Bt
5000356	27	26	34			10							1,8		NEIS DE Feld, Qz, Pl y Bt
5000357	32	11	55			2	TR	TR	TR	TR					GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl con Bt
5000363	31	26	32			9		1	TR	0	TR		1		GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl, Bt
5000364	25	25	47			2		1	TR	0	TR				GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl, con Bt
5000368	33	30	31			2		1		TR	TR	TR		3	GRANOFELS DE Qz, Pl, Fk con Bt
5000370	23	23	27			22	TR	5		4					GRANOFELS DE Fk, Bt, Qz,Pl
5000371	30	31	35				4			1	TR	TR			GRANOFELS DE Fk, Qz,Pl,
5000372	15	41	8	13		17		6	TR	TR					GRANULITA DE Pl,Bt,Qz con Opx
5000373	35	31	25			5	2,27	1	4		TR	0			GRANOFELS DE Qz, Pl, Feld y Bt
5000374	42	23	22			10		2	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Qz, Feld, Pl y Bt
5000378	26	43	20			10		1	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl, Bi
5000382	45	33	17			6									GRANOFELS DE Qz, Pl, Fk con Bt
5000384	32	31	28			8		2							GRANOFELS DE Qz, Pl, Fk con Bt
5000385	37	30	28			3	1								GRANOFELS DE Qz, Pl, Fk con Bt
5000391	28	16	35			14		4	TR	TR	TR	1	2		GRANOFELS de Fk, Qz, Pl, Bt
5000393	29	21	32			13		5	TR		TR				GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk,Bt
5000394	38	26	34			2	TR	TR	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Qz-Fk-Pl con Bt
5000395	34	37	16			9	1	3	TR	TR	TR				NEIS DE Pl-Qz-Fk-Bt
5000400	42	32	13			10		3							GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk con Bt
5000401	29	23	34			13		1							GRANOFELS DE Qz,Pl,Fk con bt
5000442	32,6	23,5	24,4			15		2,4	TR	TR			TR	2,1	NEIS DE Qz,Pl,Fk-Bt
5000447	18	27	19		11	19	1	1	1		TR			3	NEIS DE Pl, Fk, Qz con Bt
5000448	27,2	17,4	23,4		7	19		5,4	TR		TR	TR		0,6	GRANOFELS DE Qz, Fk, Pl y Bt
<b>NEIS DEL YI</b>															
5000358	17	16,1	65,2			2		TR		TR					GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl con Bt
5000366	26,5	40,3	8,8			20		1	TR	TR	TR		2,7		NEIS DE Pl, Qtz, Bt, Fk
5000341	33	24	29			10	2	2	TR	TR	TR				GRANOFELS DE Fk, Qz, Pl, , Bt

Las rocas del Monzogranito de Mitú se clasifican petrográficamente como monzogranitos con sienogranitos, granodioritas y granofels cuarzo feldespáticos subordinados (FIGURA 3). La textura general de las rocas es alotriomórfica inequigranular, a nivel microscópico no se reconoce la textura macroscópica bimodal; como texturas particulares tiene intercrecimientos simplectíticos mirmequíticos de cuarzo-plagioclasa en forma de abanicos o coliflor con gotas y gusanos de cuarzo, texturas poiquiliticas en el feldespato alcalino con inclusiones de gotas subredondeadas de cuarzo (*drop like*) y plagioclasa, cristales con formas lobuladas a ameboides comunes en rocas de origen metamórfico.

Las rocas del Granofels de Pringamosa se clasifican como granofels de Qtz, Pl, Fk y Bt (28 muestras), una muestra corresponde a granulita de Qz-Pl-Fk-Opx y Bt y las restantes siete son neises. Presentan texturas granoblásticas a inequigranoblásticas, algunas con cristales de formas ameboides y en los neises la textura es granoblásticas e inequigranoblástica con

orientación lepidoblástica de biotita, son frecuentes las texturas de intercrecimientos mirmequíticos entre cuarzo y plagioclasa, desmezclas periticas en microclina y las inclusiones de gotas de cuarzo en el feldespato alcalino. Las rocas son de composición afín a rocas ígneas como monzogranitos, granodioritas y subordinados sienogranitos, composicionalmente no presentan grandes diferencias con el Monzogranito de Mitú pero macroscópicamente las estructuras son metamórficas, con estructuras migmatíticas y néisicas. Las asociaciones minerales más frecuentes son:

- Qtz+Pl+Fk+Bt+/- (Ms, Mnz, Grt, Anf) en neises y granofels
- Qtz+Pl+Opx+Fk+Bt en granulita

Las rocas del Neis del Yi se clasifican como neises porfidoblásticos cuarzo feldespáticos con biotita y algunas de ellas corresponden a bandas intercaladas de granofels cuarzo feldespáticos con biotita. Los neises presentan texturas inequigranoblásticas y megaporfidoblásticas con una matriz granolepidoblástica

marcada por orientación de biotita, los granofels en general son inequigranoblásticos con biotitas orientadas.

La descripción microscópica de los minerales se hace para las tres unidades que integran el Complejo Migmatítico de Mitú y se especifican las diferencias en mineralogía y texturas entre las unidades. Los minerales esenciales son cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa (oligoclasa-andesina) y biotita. Los minerales accesorios son apatito, circón, monacita, opacos, rutilo, ± allanita, fluorita y hastingsita. Los minerales secundarios son moscovita, clorita, sericita, leucoxeno, minerales de la arcilla y epidota. Destaca la abundancia de monacita y apatito, así como la presencia esporádica de allanita en el Monzogranito de Mitú y la ausencia de estos minerales en casi todas las rocas del Granofels de Pringamosa y del Neis del Yí.

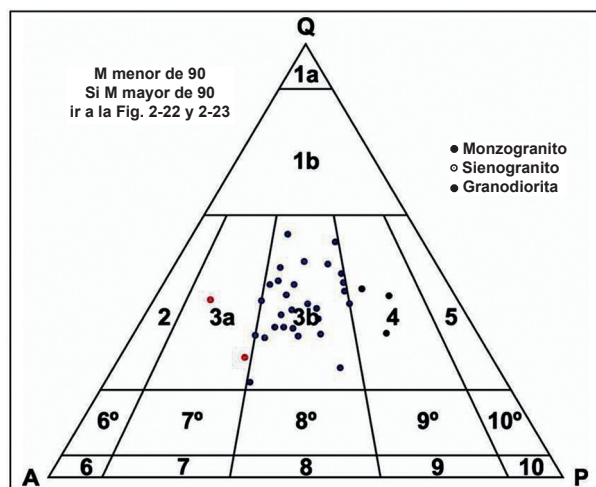


FIGURA 3. Diagrama de Streckeisen (1976). Composición modal del Monzogranito de Mitú

La plagioclasa es de tipo oligoclasa a andesina, en cristales subhedrales a anhedrales inequigranulares de hábito tabular corto, con extinción recta, maclados según la ley de albita, albita-Carlsbad y en algunas muestras con maclas acuñadas, mal desarrolladas y en ocasiones hay cristales con ausencia de maclado; los contornos son irregulares, pueden ser lobulados y menos frecuentes rectos y cristalinos, el relieve es mayor al del bálsamo, presentan intercrecimientos simplectíticos mirmequíticos generalmente en los contactos con microclina o dentro de la microclina formando abanicos o estructuras de coliflor con cuarzo en microgotas y gusanos dentro de la plagioclasa. Se altera a arcilla y sericita en agregados micáceos microcristalinos, son frecuentes las inclusiones de apatito, cuarzo y circón. El cuarzo se encuentra de varias formas: como cristales anhedrales inequigranulares con bordes irregulares

a lobulados de tamaños variables menores de 4 mm, en gotas subredondeadas (*drop like*) incluidas en la microclina y la plagioclasa o en intercrecimientos mirmequíticos microcristalinos en gotas y gusanos (FIGURA 4). Los cristales generalmente tienen extinción ondulatoria, incoloros de relieve mayor al bálsamo, con inclusiones abundantes de rutilo acicular, además, puede tener inclusiones de circón, apatito y biotita.

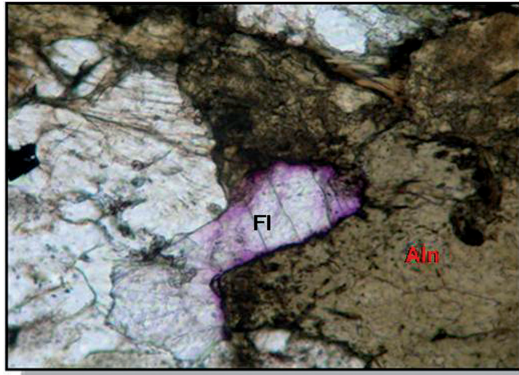
El feldespato alcalino corresponde a microclina, en cristales anhedrales a euhedrales inequigranulares gruesos y medios con maclas de Carlsbad y maclas bien desarrolladas de microclina, los cristales gruesos son del orden centimétrico, en algunas rocas el feldespato tiene desmezclas períticas en parches, los cristales gruesos pueden mostrar texturas poiquilíticas y poiquiloblásticas con inclusiones circulares de cuarzo y cristales finos de plagioclasa, generalmente limpios o ligeramente empolvados por alteración a caolín, pueden desarrollar bordes de reacción con la plagioclasa y texturas mirmequíticas entre plagioclasa y cuarzo, tiene inclusiones de biotita, plagioclasa, cuarzo y opacos.

La biotita se presenta en láminas euhedrales a subhedrales, intersticiales entre los cristales de feldespatos y cuarzo, de color pardo marrón, con un pleocroísmo X: amarillo pardo pálido, Y: Z: pardo oscuro a pardo marrón, con extinción en arce moteado, localmente en agrupaciones de cristales, tienen inclusiones de circón con halo pleocroico y apatito, se altera a lo largo del clivaje a clorita, pueden estar junto a monacita y opacos.

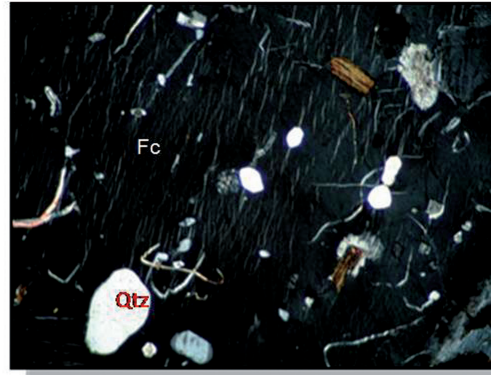
La monacita es un mineral accesorio que frecuentemente está presente en el Monzogranito de Mitú, se encuentra en cristales subdimórficos de 0,5 a 1,75 mm de diámetro, de color pardo a anaranjado con zonación irregular con el núcleo de color marrón a pardo, levemente pleocroico, de relieve alto, puede tener contornos ameboides y lobulados, generalmente asociado a láminas de biotita y opacos, en algunos casos tiene inclusiones de circón euhedral, opacos y gotas de cuarzo o se encuentra como coronas alrededor de opacos (FIGURA 4).

El circón se presenta en microcristales anhedrales subredondeados a euhedrales incluidos en los minerales principales, con bordes subredondeados a cristalinos hexagonales con relieve alto, microfracturados, como mineral accesorio junto a biotita y opacos.

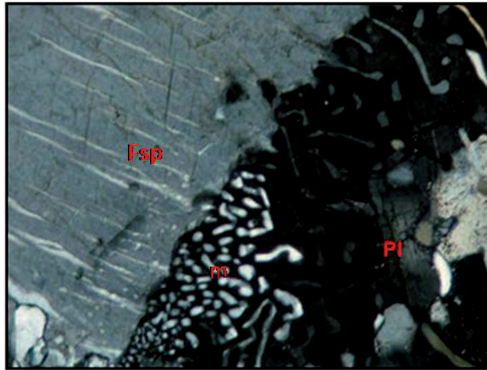
Los opacos se presentan en cristales anhedrales finos con contornos lobulados y ameboides, intersticial entre cuarzos y feldespatos, puede tener inclusiones de apatito y circón, junto a biotita, algunos con inclusiones de monacita.



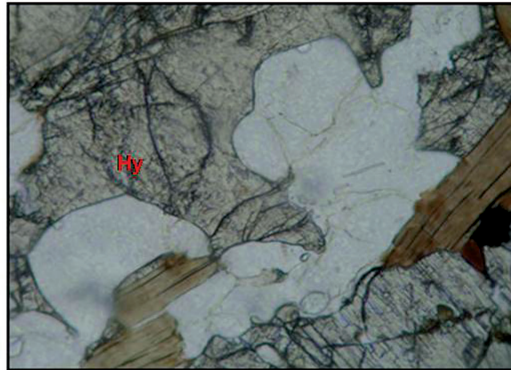
a) IGM-5000377



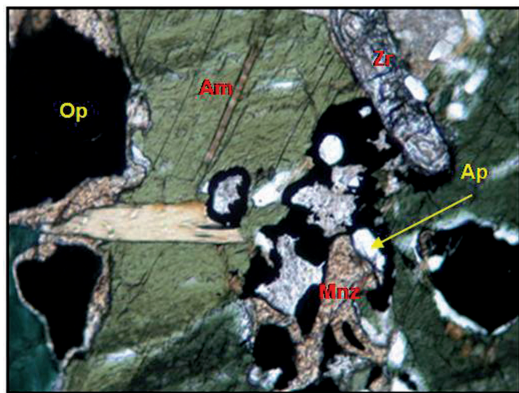
b) IGM-5000397



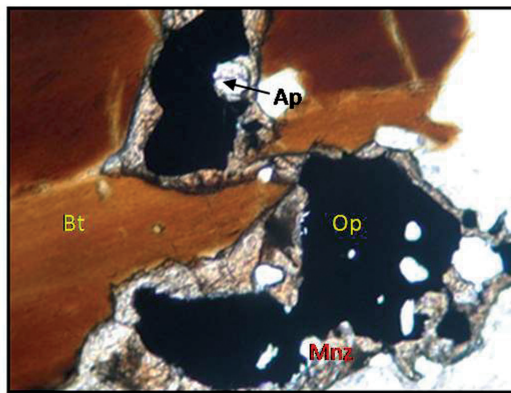
c) IGM-5000397



d) IGM-5000372



e) IGM-5000446



f) IGM-5000446

**FIGURA 4.** Mineralogía y texturas de las rocas del complejo Migmatítico de Mitú. a) Fluorita (Fl) junto a allanita (Aln). b) Inclusiones de gotas de cuarzo (Qtz) *drop like* en microclina (Fc). c) Intercrecimiento mirmequitico (m) en el contacto entre feldespato con pertitas (Fsp) y plagioclasa (Pl). d) Hipersteno (Hy) en granulita. e) Anfíbol (hanstingsita) (Am) con inclusiones de opacos (Op) con corona de monacita (Mnz), circón (Zrn), biotita (Bt) y apatito (Ap). f) Biotita (Bt) con inclusión de opacos (Op) con corona de monacita (Mnz) e inclusiones de apatito (Ap).

El apatito generalmente está como microcristales incluidos en los minerales principales y los opacos, incoloro de relieve alto, algunos subredondeados otros euhedrales en cortes longitudinales. El rutilo se presenta en agujas aciculares finas incluidas en los cristales de cuarzo.

La hanstingsita aparece en algunas rocas del Granofels de Pringamosa, se presenta en cristales xenoblásticos de color verde profundo, junto a biotita, con mal desarrollo de clivaje y microfracturas irregulares oxidadas de color pardo, tienen inclusiones de opacos, circón y biotita.



Epidota aparece generalmente como mineral secundario junto a biotita.

Al analizar la distribución de rocas con sección delgada y presencia de monacita, se encontró que el 96% de las muestras corresponden a rocas que están dentro del cuerpo de Monzogranito de Mitú o en los bordes de contacto, y solo una muestra se presenta en el Neis del Yí. De acuerdo a estos datos la monacita es un mineral indicador de la unidad denominada Monzogranito de Mitú en el área de la plancha 443.

La muestra IGM 5000372, colectada en el Cerro Ceniza corresponde a una granulita de Pl, Bt, Qz, Opx con Fk, siendo el único reporte a la fecha de una roca en facies granulita del Complejo Migmatítico de Mitú. La roca es inequigranoblástica constituida por un mosaico granoblástico de plagioclasas y cuarzo, localmente presenta cristales más grandes poiquiloblásticos de feldespato alcalino no maclado (ortoclasa), con inclusiones de plagioclasa y cuarzo, y láminas intersticiales orientadas de biotita (FIGURA 4). Tiene hiperstena en cristales xenoblásticos con bordes irregulares a lobulados de color marrón-rosado claro, con pleocroísmo de verde muy pálido y extinción paralela al clivaje, relieve alto y colores bajos de interferencia gris del primer orden. Los cristales se encuentran fracturados y con inclusiones de cuarzo subredondeados y plagioclasa. Tiene ex-soluciones de minerales opacos formando texturas Schiller.

### **METAMORFISMO DEL COMPLEJO MIGMATÍTICO DE MITÚ**

Previo a este trabajo se han llevado a cabo estudios petrográficos y análisis de las paragénesis y asociaciones minerales presentes en las diferentes litologías, que permiten tener una idea aproximada de las condiciones de presión y temperatura a que fueron sometidas las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú. Los resultados de estos estudios son los siguientes:

Bruneton *et al.* (1982) describen las siguientes paragénesis minerales para el Complejo Migmatítico de Mitú:

- Neises con biotita y silicatos de aluminio: Biotita-cordierita-sillimanita +/- andalucita +/- granate
- Granitos neises:
  - Biotita-Sillimanita +/-granates (Bruneton *et al.*, 1982)
  - Sillimanita – moscovita (Kroonenberg, 1980 en Bruneton *et al.*, 1982).
  - Sillimanita – Granate – cordierita (Kroonenberg, 1980 en Bruneton *et al.*, 1982).

Estos autores consideran que la andalucita podría provenir de la diaforesis de la cordierita, indicando

que las condiciones de T para las rocas del complejo fueron de 600° a 750°C y P de 2 a 5 Kb, además que hay un traslape importante entre la zona de sillimanita de las facies anfibolita y el dominio de anatexia en el diagrama simplificado de metamorfismos excedentes en agua (curvas de reacción de Mueller y Saxena, 1977). Galvis *et al.* (1979) consideran que las rocas fueron formadas por un evento metamórfico de alta temperatura y baja presión que varía desde la facies anfibolita alta hasta el dominio anatóctico.

En el presente estudio se analizaron 82 secciones delgadas de rocas de aspecto ígneo (monzogranitos, granodioritas y sienogranitos) y rocas de aspecto metamórfico (neises, granofels y granulitas), con las siguientes paragénesis:

1. Qtz+Pl+Fk+Bt+/- (Ms, Mnz, Grt, Am) en neises, granofels
2. Qtz+Pl+Opx+Fk+Bt en granulita (una muestra)

La mayor cantidad de rocas del Complejo Migmatítico de Mitú en el área de trabajo presentan cuarzo, feldespato alcalino, plagioclasa, biotita +/- moscovita +/- anfibol, conjunto de minerales que ocurren en un amplio rango de condiciones de P-T, siendo este grupo de rocas de poco interés para determinar el grado de metamorfismo, a pesar de lo cual se considera que se encuentran dentro de la facies anfibolita sin que se descarte la facies granulita.

La muestra IGM-5000372 con la asociación Qtz+Pl+Opx+Fk+Bt es indicativa de las facies granulita; la biotita puede transformarse a Opx + Fk en un amplio rango de temperatura, generalmente por encima de 800° C, pero el par Bt-Qtz llega hasta los 850° C (Bucher and Frey, 1994). Este es el primer reporte en el Complejo Migmatítico de Mitú de una roca en las facies granulita, con hipersteno. Al menos localmente el Complejo alcanzó la facies granulita, pero en general las rocas presentan mineralogía que no es diagnóstica de esta facies.

Tanto las rocas del Monzogranito de Mitú y el Granofels de Pringamosa, indican anatexia parcial a completa con desarrollo de rocas granitoides, encontrando restitas con estructuras migmatíticas homófonas y nebulíticas.

### **GEOQUÍMICA DEL COMPLEJO MIGMATÍTICO DE MITÚ**

Se realizó análisis para elementos mayores, menores, trazas y tierras raras a ocho (8) muestras de rocas en ActLabs Canadá, las muestras representan las unidades de roca en que se dividió el Complejo Migmatítico de Mitú en la plancha 443 (TABLAS 2 y 3).

**TABLA 2.** Resultados analíticos para óxidos mayores en rocas del Complejo Migmatítico de Mitú

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	0,7	2	2	5,8	1	0,2	0,4	99	GRANOFELS DE Qtz,Pl,Fk, Bt
5000350*	58,7	14,1	10	0,2	1,6	3	3	5,7	1	0,5	0,9	99	MONZOGRANITO
5000372**	61,9	15,2	7,64	0,1	2,2	5	3	2,5	1	0,2	0,3	99	GRANULITA DE Pl, Qtz, Bt, Fk con Opx
5000392**	67,9	14	5,43	0,1	1,1	3	3	4,6	1	0,4	0,5	101	NEIS DE Fk, Qtz, Pl, Bt
5000394**	73,1	13,4	1,58	0	0,3	1	3	5,5	0	0,1	0,4	99	GRANOFELS DE Qtz-Fk-Pl con Bt
5000397*	73,7	12,9	2	0	0,3	2	3	5	0	0	0,1	99	SIENOGANITO
5000446*	66,8	13,6	6,84	0,1	1,1	3	2	4,9	1	0,3	0,5	101	MONZOGRANITO
5000367**	70,4	14,4	3,03	0	0,7	2	3	6,1	0	0,1	0,4	100	GRANOFELS DE Qtz, Pl, Fk, Bt

\*Monzogranito de Mitú

\*\*Granofels de Pringamosa

**TABLA 3.** Resultados analíticos de muestras del Complejo Migmatítico de Mitú

Elemento en ppm								
IGM	5000342	5000350	5000372	5000392	5000394	5000397	5000446	5000367
Sc	7	29	21	14	4	6	20	8
Be	1	4	3	4	2	2	3	3
V	38	82	121	65	12	13	73	29
Cr	< 20	40	30	30	< 20	110	90	< 20
Co	4	14	19	8	2	2	11	4
Ni	< 20	< 20	20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
Cu	10	20	30	20	< 10	< 10	10	< 10
Zn	80	190	100	130	40	40	110	50
Ga	26	35	19	27	21	19	22	20
Ge	2,5	3,9	2,1	2,8	2	1,9	2,7	2,1
As	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Rb	327	470	94	232	306	247	230	308
Sr	131	126	222	254	97	133	203	124
Y	32	213	14	207	22	42	139	27
Zr	507	1240	305	788	176	173	611	358
Nb	30	74	13	45	19	14	28	17
Mo	< 2	5	< 2	4	< 2	9	10	< 2
Ag	0,7	2,3	1	1,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
In	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Sn	9	15	2	8	4	1	7	5
Sb	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,2	< 0,2
Cs	6,5	6,9	4	1,1	1,6	1,5	2,1	7,3
Ba	495	559	949	1140	464	420	936	517
La	159	286	31	180	67	75	138	71
Ce	366	605	58	406	141	159	269	151
Pr	41	67	6,5	48	16	18	32	17
Nd	153	249	27	194	58	65	126	64
Sm	25	49	4,6	34	11	13	27	11
Eu	1,8	3,3	2,1	4,6	0,8	1	3,6	1,3
Gd	14	41	3,9	32	7,8	10	23	7,6
Tb	1,7	7,1	0,5	4,8	1,1	1,6	4,1	1,1
Dy	7,7	41	2,8	28	5,1	8,2	24,4	5,7
Ho	1,3	8,6	0,6	6,1	0,8	1,6	5,1	1,1
Er	2,9	24	1,6	19	1,8	4,1	14	2,8
Tm	0,4	3,6	0,2	2,9	0,2	0,6	2,1	0,4
Yb	2,1	25	1,6	18	1,4	3,3	14	2,5
Lu	0,3	3,7	0,3	2,9	0,2	0,5	2,4	0,4
Hf	11	26	6,1	14	4,4	4,3	13	7,8

Elemento en ppm	IGM	5000342	5000350	5000372	5000392	5000394	5000397	5000446	5000367
Ta		3,1	9,3	1,4	2,9	1,3	0,6	2,7	1,9
W		< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0,8	< 0.5
Tl		1,6	2,3	0,5	1,1	1,5	1,3	1,1	1,6
Pb		36	55	11	27	31	44	32	42
Bi		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0,2	< 0.1
Th		104	171	1,2	26	41	53	38	56

**Óxidos mayores.** Los contenidos de SiO<sub>2</sub> van de 67% a 74%, solo dos rocas (IGM-5000350 y IGM-5000372) muestran valores menores del orden de 58.7% y 61.9% que fueron clasificadas petrográficamente como monzogranito y granulita respectivamente; estas dos rocas muestran valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO y TiO<sub>2</sub> mayores a las demás rocas.

Las rocas son más ricas en K<sub>2</sub>O (4.64% a 6.1%) que en Na<sub>2</sub>O (2.36% a 3.1%), relativamente ricas en CaO (1.3% a 4.7%), con valores altos de Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O y Fe/Mg. El Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total muestra disminución con el aumento de SiO<sub>2</sub>. El Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, no muestran cambios con el aumento de SiO<sub>2</sub>, mientras el K<sub>2</sub>O presenta un aumento con el aumento de SiO<sub>2</sub>.

Para la clasificación química de las rocas se utilizó el diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) (FIGURA 5). La mayor parte de las rocas caen dentro del campo de los granitos y granodioritas (cuarzodioritas) de las series subalcalinas. La granulita cae en el campo de las dioritas y petrográficamente equivale a una granodiorita y la muestra IGM-5000350 clasificada como monzogranito cayó químicamente en el campo de sienodioritas.

El diagrama de Peccerillo and Taylor (1976), divide las rocas subalcalinas utilizando el contenido de K<sub>2</sub>O versus SiO<sub>2</sub>. De la FIGURA 6 se puede concluir que seis (6) rocas son de la serie calcoalcalina altas en potasio; la granulita (IGM-5000372) y la muestra IGM-5000350 se ubican en las series calcoalcalinas con potasio medio no muy alejada del resto de muestras pero con valores menores de K<sub>2</sub>O y en la serie shoshonítica respectivamente.

Las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú se ubican en el campo de rocas peraluminosas y metaluminosas con ACNK > < 1, donde la alúmina, dependiendo de la roca, es mayor o menor que la suma de sodio, potasio y calcio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > < Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO) situación normal en granitos de tipo A; además, las rocas presentan relaciones Rb/Ba < 1 y CaO/Na<sub>2</sub>O > 1 que varían entre 1 y 2.4. Las muestras metaluminosas son principalmente los monzogranitos y la granulita, todas ellas con monacita,

mientras las peraluminosas corresponden a rocas sin monacita. Ambos grupos de rocas son cercanas al límite entre los dos campos.

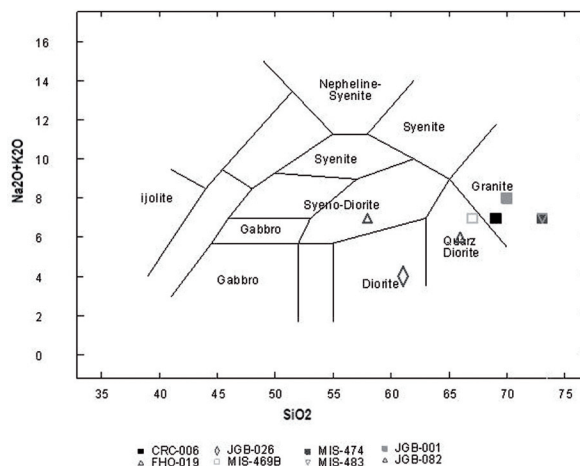


FIGURA 5. Diagrama TAS (Cox *et al.*, 1979) para las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú

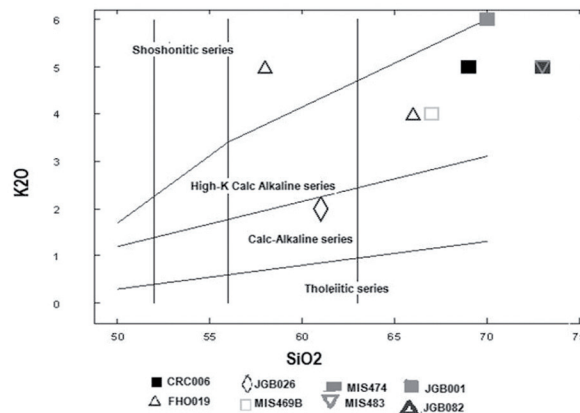


FIGURA 6. Diagrama K<sub>2</sub>O Vs SiO<sub>2</sub> (Peccerillo and Taylor, 1976).- para las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú.

**Elementos traza y tierras raras.** Comparando los resultados de acuerdo al tipo de roca se encuentran diferencias entre la granulita (IGM-5000372) y las demás rocas, con valores menores para la granulita en U,

Th, Pb, Tl, Dy, Tb, Gd, Sm, Nd, Pr, Cs, La, Y, Rb, K<sub>2</sub>O y contenidos mayores de V, CaO y MgO. Al comparar las tres muestras con monacita (IGM-5000346, IGM-5000350 e IGM-5000392) se observan valores mayores en Hf, Lu, Yb, Tm, Er, Ho, Dy, Tb, Gd, Eu, Sm, Nd, Pr, Ce, La, Sn, Ag, Nb, Zr, Y, Ge, Zn, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y TiO<sub>2</sub>, con relación al resto de muestras. La TABLA 3 resume los resultados obtenidos para las muestras que se analizaron del Complejo Migmatítico de Mitú.

Las muestras analizadas, según el parámetro  $Zr+Ce+Y > 250$  ppm tienen valores entre 374 a 2058 ppm típico de granitos tipo A, están enriquecidas en cationes de radio grande Zr, Ga, Nb, Y, Ce y REE excepto en Eu. Esto se puede verificar en los diagramas de las FIGURA 7 que corresponden a diagramas discriminantes propuestos por Whalen *et al.*, (1987), donde las muestras del Complejo Migmatítico de Mitú caen dentro de granitos Tipo A.

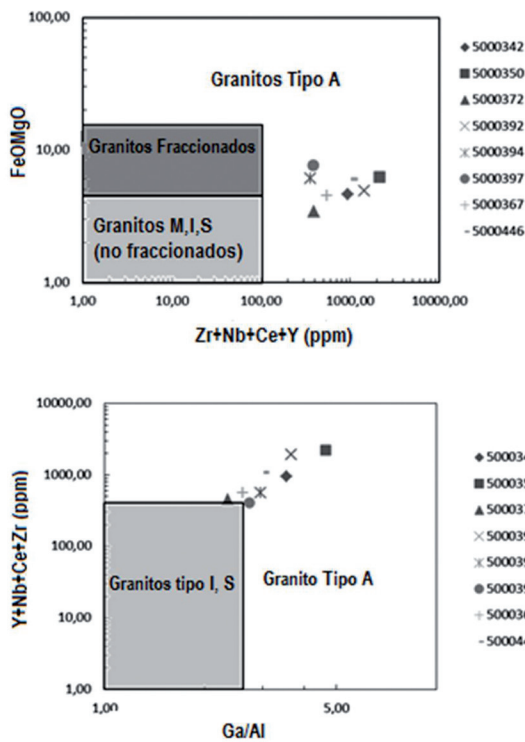


FIGURA 7. Diagramas discriminantes propuestos por Whalen *et al.*, (1987) separando los campos de granitos tipo I, M, S y A.

Los granitoides de Mitú tienen relaciones de  $FeO_T / (FeO_T + MgO)$  entre 0.77 y 0.88 que corresponden a granitos de Tipo A oxidados, puesto que los granitos tipo A reducidos presentan razones normalmente mayores de  $FeO_T / (FeO_T + MgO) > 0.88$ . Los magmas

de Tipo A oxidados son derivados de fundidos con alto contenido de agua (>4% en peso) originados de fuentes ígneas cuarzo feldespáticas de la corteza inferior bajo condiciones oxidantes, en la cual el clinopiroxeno es la fase residual (Scandolara, *et al.*, 2006). Los granitos Tipo A reducidos se pueden derivar de fuentes ígneas cuarzo feldespáticas con componentes meta sedimentarios, o alternativamente de fuentes toleíticas diferenciadas.

La FIGURA 8 discrimina entre granitos de magnetita e ilmenita, las muestras del Complejo Migmatítico de Mitú son de tipo ferroso y de la serie de magnetita tipo A, solo la muestra de granulita (IGM-5000372) presenta un comportamiento que es diferente al de las demás rocas se localiza en la FIGURA 8a en el campo de los granitos cordilleranos de las serie magnésiana y en la FIGURA 8b cae en el campo de los granitos peraluminosos.

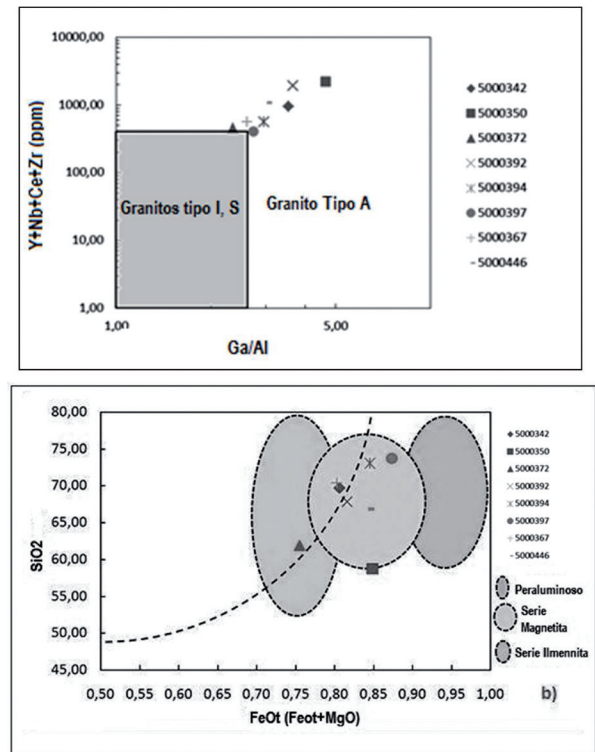


FIGURA 8. a. Diagrama con subdivisión de granitos ferrosos y magnesianos propuesto por Frost, *et al.* (2001). b. Diagrama con los campos de granitos de magnetita e ilmenita (modificado de Anderson and Cullers, (1999).

Los valores de tierras raras del Complejo Migmatítico de Mitú se presentan en los diagramas multielementales de muestras normalizadas a condrito, según los valores propuestos por McDonough and Sun (1995), localizando los elementos en orden de incompatibilidad decreciente (FIGURA 9).

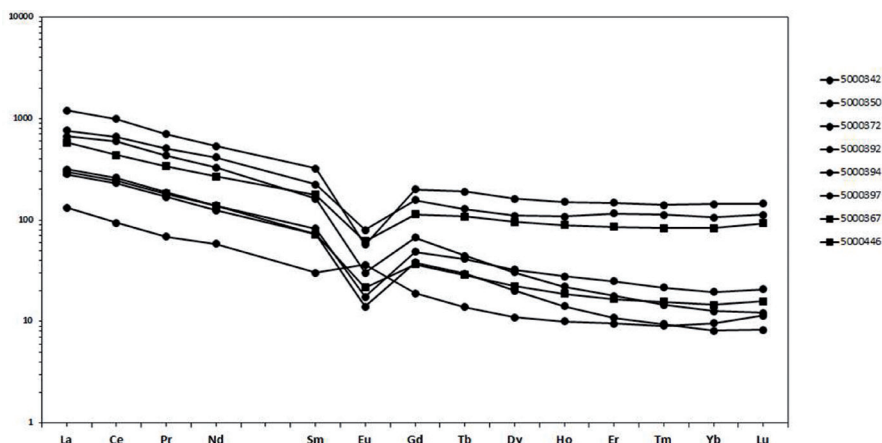


FIGURA 9. Diagrama de tierras raras (REE), (McDonough and Sun, 1995) para rocas del Complejo Migmatítico de Mitú

El diagrama de elementos traza (REE) muestra un declive continuo, con líneas relativamente paralelas entre sí para todas las muestras; sin cambios fuertes de pendientes en los tramos correspondientes a REE livianas y las REE pesadas ligeramente suavizadas, con un empobrecimiento o inflexión negativa marcada de Eu con relación a las demás elementos en casi todas las muestras, excepto la roca clasificada como granulita que muestra un enriquecimiento y un comportamiento anormal en Eu.

Las rocas tienen enriquecimientos en tierras raras livianas entre 100 y 1000 veces y hacia el lado de las tierras raras pesadas el enriquecimiento es del orden de 10 a 500 veces con relación al condrito, siendo normal en granitos tipo A que el contenido de tierras raras livianas sea mayor al contenido de tierras raras pesadas.

Las muestras con monacita (muestras IGM-5000392, IGM-500446, IGM-5000350) tienen mayores enriquecimientos en tierras raras tanto livianas como pesadas, se localizan dentro del diagrama en la parte superior más enriquecida, mientras la granulita (IGM-5000372) tiene menor enriquecimiento en tierras raras y una anomalía positiva de Eu, en las demás rocas el Eu es pronunciadamente negativo. Esta inflexión del Eu sugiere fraccionamiento de feldespatos (plagioclasa) desde el líquido o su persistencia como fase sólida residual durante la fusión parcial, tal como lo indica Barker (1983). Al comparar los contenidos de valores de las tierras raras totales de las muestras con monacita se encontró que éstos varían entre 686 ppm y 1414 ppm, mientras las rocas sin monacita están en el rango de 312 a 360 ppm y la granulita tan solo alcanza valores de 141 ppm.

El patrón de los elementos traza que se muestra en la FIGURA 10, es comparable con el patrón de granitoides continentales de series subalcalinas, muestra una

anomalía importante de Ti, la granulita muestra un comportamiento de los elementos traza diferente al de las demás muestras con un patrón acorde con series de granitos alcalinos intraplaca, que parece estar relacionado con el bajo grado de fusión de la roca.

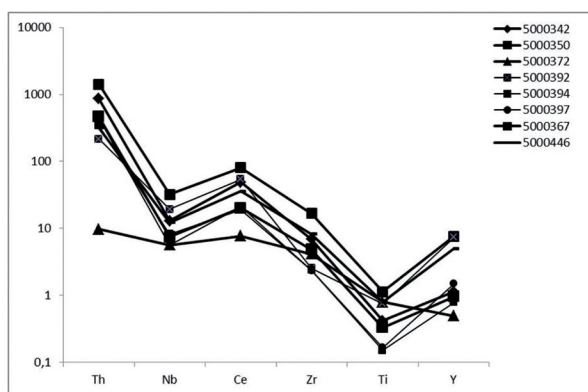


FIGURA 10. Diagramas multielementales para las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú.

**Edad.** Se realizaron dataciones Ar – Ar para un granito - IGM 5000350 y un neis biotítico - IGM 5000392 del Complejo Migmatítico de Mitú. Como método de datación se utilizó el  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  paso a paso (HS) a partir de biotita (TABLA 4). Se obtuvieron edades Mesoproterozoico comprendidas entre  $1245 \pm 10,5$  Ma y  $1312 \pm 10,8$  Ma (FIGURAS 11 y 12).

En el Monzogranito de Mitú se obtuvo una edad *plateau* de  $1312.7 \pm 10.8$  Ma y una edad *plateau* intermedia de  $1276.1 \pm 10.6$  Ma y para el Neis del Caño Yi se obtuvo una edad *plateau* de  $1310.7 \pm 10.5$  Ma y una edad *plateau* intermedia de  $1245.0 \pm 10.2$  Ma, en las muestras no se obtuvo edades isócronas inversas debido a que los datos no siguieron una tendencia lineal.

TABLA 4. Edades  $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$  en rocas del Complejo Migmatítico de Mitú.

Muestra	IGM	Edad Plateau intermedia	Edad Plateau	Ca/K	Comentarios	Coordenada X	Coordenada Y
FHO-019	5000350	1276.1±10.6	1312.7±10.8	0.11-2.2	Three steps high temperature plateau	619873	1119108
<i>biotite</i>							
MIS-469B	5000392	1245.0±10.2	1310.7±10.5	0.049-0.336	Five steps high temperature plateau	616339	1102158
<i>biotite</i>							

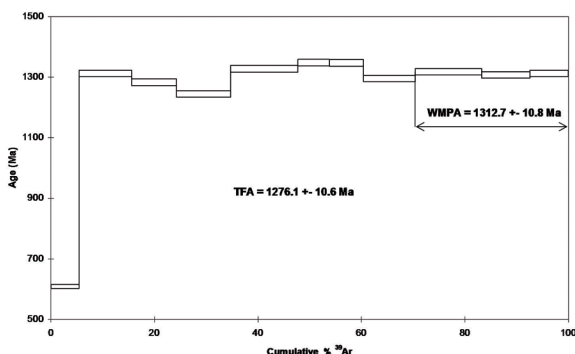


FIGURA 11. Espectro de desgasificación en biotita, Muestra IGM 5000350 clasificada como monzogranito

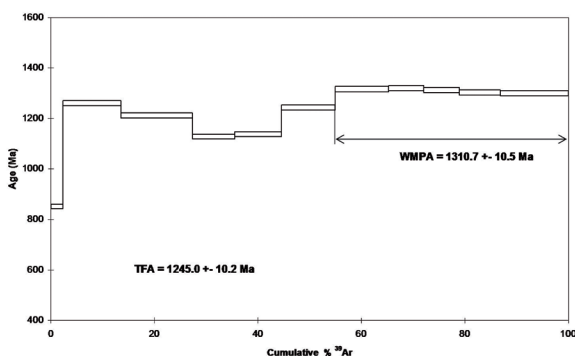


FIGURA 12. Espectro de desgasificación en biotita, Muestra IGM 5000392, Neis de Fk, Qtz, Pl- Bt.

Análisis de Rb – Sr y K – Ar realizados por Priem *et al.* (1982), a partir de micas de granitos y de gneis del Complejo Migmatítico de Mitú, arrojaron datos de edad en un rango promedio de 1350 Ma y 1250 Ma, resultados muy similares a los obtenidos para este proyecto, estos autores interpretan estas edades como relacionadas con un evento metamórfico de bajo grado denominado Episodio Metamórfico Nickeriense.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Complejo Migmatítico de Mitú en el área de la plancha 443, se subdivide en tres unidades que se denominan: Monzogranito de Mitú, Granofels de Pringamosa y Neis del Yí, separación soportada en las características macroscópicas, microscópicas y químicas de las rocas que las componen. Las tres unidades son cartografiables debido a sus diferencias macroscópicas que permiten reconocer las rocas que conforman cada unidad en el campo.

Los minerales esenciales son cuarzo, feldespato potásico (microclina), plagioclasa (oligoclasa-andesina) y biotita. Los minerales accesorios son apatito, circón, monacita, opacos, rutilo, ± allanita, fluorita y hastingsita. Los minerales secundarios son moscovita, clorita, sericita, leucoxeno, minerales de la arcilla y epidota. La Monacita es un mineral accesorio que ocurre en el Monzogranito de Mitú y en el contacto con el Granofels de Pringamosa. Esporádicamente aparece en las rocas néisicas y en las granofelsas.

Las rocas del Monzogranito de Mitú y el Granofels de Pringamosa, indican anatexia parcial a completa con desarrollo de rocas granitoides, encontrando restitas con estructuras migmatíticas homófonas y nebulíticas dentro del Monzogranito de Mitú.

Se reporta por primera vez, en el Complejo Migmatítico de Mitú, una roca en las facies granulita, con hipersteno. Al menos localmente el Complejo alcanzó la facies granulita, pero en general las rocas presentan mineralogía diagnóstica de la facies Anfibolita.

Las rocas del Complejo Migmatítico de Mitú presentan afinidad química con las series subalcalinas altas en potasio, caen en los campos metaluminoso y peraluminoso, corresponden a granitos de tipo A (anorogénicos o de intraplaca) de afinidad ferrosa y de

las series de magnetita, con un comportamiento de los elementos traza y las tierras raras semejante a otros granitos anorogénicos en el mundo y en el Brasil, con un marcado enriquecimiento de REE en las muestras que tienen monacita y un comportamiento anómalo de la única muestra que se clasificó como granulita con relación a las demás muestras, tanto a nivel de óxidos mayores como elementos de las tierras raras y elementos trazas.

Las edades se interpretan como la edad del evento metamórfico de bajo grado denominado Episodio Metamórfico Nickeriense que afectó las rocas de estas unidades.

El Monzogranito de Mitú se correlaciona con el Granito del bajo Río Vaupés (Dall'Agnol and Macambira, 1992; Dall'Agnol, 1992) que aflora en el NW de la Amazonia brasileña, cerca a la frontera con Colombia y al oriente de Mitú, el cual fue descrito como un monzogranito de titanita – biotita. Nosotros creemos que la titanita de este cuerpo (Dall'Agnol and Macambira, 1992; Dall'Agnol, 1992) corresponde posiblemente a monacita. El comportamiento químico, las características petrográficas de ambos cuerpos son similares.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS que financió, dentro de sus proyectos, los trabajos en la plancha 443 – Mitú; al Secretario de Agricultura del Departamento de Vaupés, Carlos Castañeda, que apoyo el proyecto y ayudo con la socialización ante las comunidades; al Ejército Nacional de Colombia (Batallón de Infantería de Selva No. 30), que prestó en todo momento seguridad; a las diferentes comunidades indígenas del área de trabajo que colaboraron como guías de campo y que sin su conocimiento no habría sido posible recorrer el área de estudio.

## REFERENCIAS

Anderson, J.L. and Cullers, R.L. 1999. Paleoand Mesoproterozoic granite plutonism of Colorado and Wyoming, in C.D. Frost (ed.), Special Volume: Proterozoic magmatism of the Rocky mountains and environs, *Rocky Mountain Geology*, 34 (2): 149-164

Barker, D. 1983. *Igneous Rocks*. Prentice-Hall Inc., 417p.

Bruneton, P., Pallard, B., Guselier, D., Varney, E., Bogotá, J., Rodríguez, C., and Martín, E. 1982. Contribución a la

geología del oriente de las Comisarias del Vichada y del Guainía (Colombia). *Geol. Norandina*, 6: 3-12.

Bucher, K. and Frey, M. 1994. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 6th Ed. Springer-Verlag, 318p.

Celada, *et al.* 2006. Potencial de recursos minerales en el oriente colombiano: compilación y análisis de la información geológica disponible (fase 0). Ingeominas. Bogotá, 165p

Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1979). *The interpretation of igneous rocks*. George Allen and Unwin, London, 450p.

Dall'Agnol, R. 1992. Titanita – biotita granites do baixo rio Vaupés, Provincia Río Negro, Amazonas, Parte II: Geoquímica y petrogénesis. *Revista Brasileira de geociencias*, 22 (1): 15-28.

Dall'Agnol, R., and Macambira, M.J.B. 1992. Titanita –Biotita granites do baixo rio Vaupés, provincia rio negro, Amazonas. Parte I: Geología, petrografía e geocronología. *Revista Brasileira de Geociências* 22 (1): 3–14.

Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. and Frost, C.D. 2001. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *J. of Petrology*, 42 (11): 2043-2048.

Galvis, J., Huguett, A. y Ruge, P. 1979. Geología de la Amazonía Colombiana. Informe 1792. *Boletín Geológico*, XXII (3): 1-86.

Julivert, M., 1968. *Lexique Stratigraphique International: Vol V, fase 4ª, Amerique Latine, Colombia (Premiere partie)*. Precambrien, Paleozoique, Mesozoique.

Le Maitre, R. W. (editor), Streckeisen A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J, Lamere, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., and Woolley, A. R. 2002. "Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms", *Recommendations of the International Union of Geological Sciences*. Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press.

McDonough, W. F. and Sun, S. 1995. The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120: 223-254.

Mueller, R., and Saxena, S. 1977. *Chemical Petrology*. Springer- Verlag, New York, 394p.

Peccerillo, A., and Taylor, S. R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58: 63–81.

Pinheiro, S.S., Fernández, P.E.C.A., Pereira, E.R., Vasconcelos, E.G., Pinto, A.C., Montalvão, R.M.G., Issler, R.S., Dall’Agnol, R., Teixeira, W. y Fernández, C.A.C. 1976. Geología, En: Projeto Radar na Amazônia. Folha NA.19-Pico da Neblina: Levantamento de Recursos Naturais, 11: 19-137.

Scandolaro, J.E., Fuck, R.A., da Silva, L.C., Dantas, E.L., y Tohver, E. 2006. Charnockitos e granitos tipo A mesoproterozóicos do centro-leste de Rondônia, margen SW do craton Amazônico, Brasil: Geologia, Geoquímica e Petrologia.

Teixeira, W., Tassinari, C. C. G., Cordani, U. G. and Kawashita. K. A. 1989. Review of the Geochronology of the Amazonian Craton: Tectonic Implications. *Precambrian Research*, 42: 213-227.

Vernon, R. H. 2004. A practical guide to Rock Microstructure. Cambridge University Press, First Edition. United Kingdom, 594p.

Whalen, J.B., Currie, K.I., and Chappell B.W.A. 1987. A-type granites: geochemical Characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95: 407-419.

Winter, J. D. 2001. An introduction to Igneous and Metamorphic petrology. Prentice Hall, New Jersey. 697p.

---

---

Trabajo recibido: Mayo 30 de 2011

Trabajo aceptado: Junio 28 de 2011