

Monzogranito de Altamira

» **Cordillera Central y Oriental**
Departamentos del Huila y Cauca

María Isabel Arango M., Gabriel Rodríguez G.,
Gilberto Zapata G. y José Gilberto Bermúdez C.

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Jurásico

Citación: Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022). Monzogranito de Altamira. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.12>

Los cuerpos magmáticos jurásicos que afloran en el Valle Superior del Magdalena fueron estudiados durante la ejecución del proyecto Magmatismo Jurásico en Colombia por parte del Grupo de Estudios Geológicos Especiales del Servicio Geológico Colombiano.

El catálogo del Monzogranito de Altamira aporta nueva información de petrografía, litogeoquímica y geocronología U-Pb para mejorar el conocimiento de este cuerpo intrusivo del Jurásico, y sobre el magmatismo de arco en el Valle Superior del Magdalena.

1. Proponente del nombre

Rodríguez, Ferreira, Velandia, y Núñez (1998), en los trabajos de cartografía de la plancha 366 Garzón, nombran y describen esta unidad ígnea de acuerdo con su composición petrográfica predominante y su localización.

2. Origen del nombre y distribución geográfica

Este cuerpo toma su nombre del municipio de Altamira, que se localiza hacia el noroeste del plutón. Se extiende entre las cordilleras Central y Oriental con una dirección NE-SW, sobre el valle del río Suaza, entre los departamentos del Huila y Cauca (figura 1). Aflora como dos franjas que cubren un área total de 453 km²: la primera se extiende entre las planchas 366 (Garzón) y 389 (Timaná) con una prolongación aproximada de 29,5 km y un ancho de 4,7 km; más hacia el sur aflora la segunda franja en las planchas 388 (Pitalito) y 412 (San Juan de Villalobos), con una longitud de 62,3 km y un ancho de 9,5 km.

Las mejores exposiciones del Monzogranito de Altamira (en adelante MA) se encuentran en la quebrada La Cuchilla, en la plancha 366, sobre la vía Gallardo-Timaná, en el río Riecitos, en la plancha 388, y en la serranía que está hacia el oriente de Acevedo, en el pantano de Toribío, en la plancha 389.

3. Reseña histórica

Originalmente esta unidad fue referida por Grosse (1930, 1935) al citar intrusiones de cuerpos más o menos continuos entre Pitalito, Altamira y Garzón, haciendo referencia a rocas andinas o macizos poscretácicos en la región de las cabeceras del río Magdalena y el río

Caquetá. Posteriormente fue denominado por Radelli (1962) *plutón de Altamira*, nombre con el que se refería a una masa plutónica con tendencia alcalina que diferenció de las intrusiones poscretácicas de afinidad tonalítica, sugiriendo que se trataba de granitos con relación al basamento premesozoico.

Restrepo-Pace *et al.* (1997) lo nombran como *Granito de Suaza-Altamira*, y Rodríguez *et al.* (1998) le asignan el nombre de *Monzogranito de Altamira* en la cartografía de la plancha 366 (Garzón) realizada por Ingeominas.

Marquínez y Velandia (2001), en la descripción de la plancha 388 (Pitalito) del Ingeominas, lo llaman *Granito de Altamira* al referirse al cuerpo intrusivo que aflora al oriente del municipio de Altamira.

4. Descripción geológica

Macroscópicamente, las rocas frescas del Monzogranito de Altamira son faneríticas, masivas, leucocráticas (de colores gris claro a rosado, con índice de color del 20%, y moteadas de negro) e inequigranulares (de tamaño de grano medio a grueso con variaciones porfídicas) (figura 2). Están compuestas por cristales anhedrales de cuarzo, cristales tabulares subhedrales de plagioclasa, cristales anhedrales de feldespato potásico, láminas de biotita de color negro y hornblenda tabular de color verde.

Sin embargo, en la mayoría de los lugares donde aflora, el MA se presenta en forma de saprolito de textura arcillo-arenosa de color blanco a crema, producto de la oxidación de los minerales máficos.

El cuerpo principal se encuentra intruido por diques de 30 a 70 cm de espesor, los cuales presentan textura porfirítica marcada por fenocristales de hornblenda de grano medio en una matriz microgranular de plagioclasa

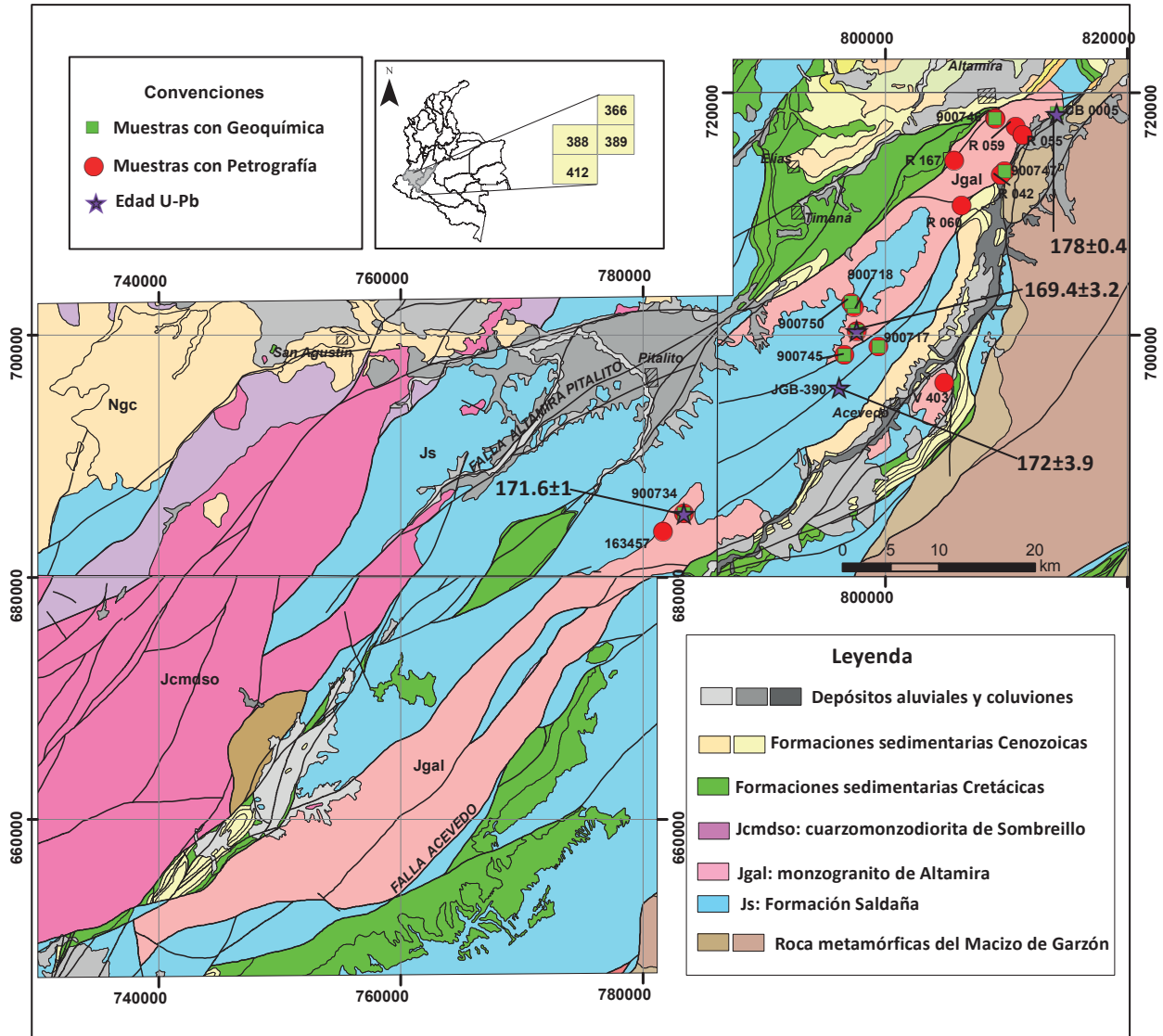


Figura 1. Mapa geológico y localización de las muestras usadas en el presente estudio
Fuente: Velandia *et al.* (2001), Cárdenas *et al.* (2003), Rodríguez *et al.* (2003) y Núñez (2003).

y hornblenda. Según Velandia *et al.* (2001), estos diques son intermedios a ácidos y presentan composición ande-sítica a riódacítica.

Para la descripción y clasificación petrográfica del MA se realizó el análisis de nueve secciones delgadas nuevas y ocho muestras petrográficas tomadas de la cartografía de las planchas 388 (Cárdenas *et al.*, 2003) y 389 (Rodríguez *et al.*, 2003) del Ingeominas.

A las muestras nuevas se les realizó el análisis modal por medio de conteo de puntos, con el fin de obtener el volumen porcentual de los minerales presentes en cada muestra. Estos posteriormente fueron usados en la clasificación de las rocas usando el diagrama de Streckeisen (1974, 1979) (tabla 1 y figura 3).

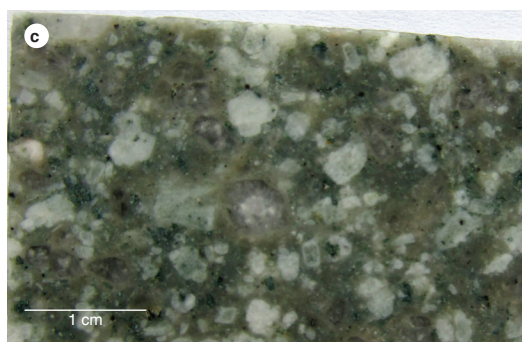
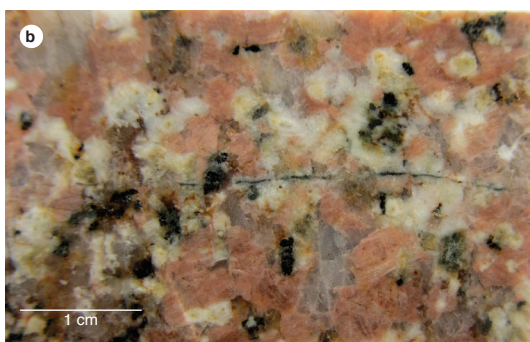


Figura 2. Características macroscópicas del Monzogranito de Altamira
 a) Afloramiento saprolitizado del contacto del MA con dique básico. b) Aspecto macroscópico del monzogranito (IGM 900749). c) Pórfido dacítico (IGM 900747).

Tabla 1. Composición modal (%) y clasificación de las rocas del Monzogranito de Altamira

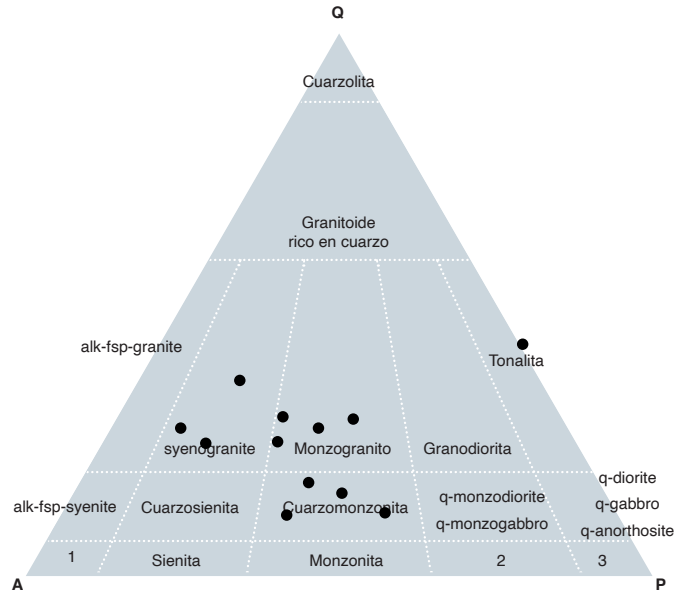
IGM	W (m)	N (m)	Qz (%)	Pl (%)	Kfs (%)	Hbl (%)	Bt (%)	Opq (%)	Ttn (%)	Ap (%)	Zrn (%)	Ep (%)	Chl (%)	Cal (%)	Matriz (%)	Clasificación
900718	797441	702346	29,5	24,7	42,5		2,1	0,8	0,6	TR	TR					Monzogranito
900734	783390	685289	29	34,8	31,9	0,7	2,9	0,7	TR	TR	TR					Monzogranito
900745	796663	698382	24,8	15,6	56,8		1,2	1,2	0,4	TR	TR					Sienogranito
900749	797653	700302	26	29	36		7,5		1	0,5	TR					Monzogranito
900747	809861	713541	9	21,5	11				0,5	0,3		0,2	TR		57,5	Porfido dacítico
R055*	811328	716530	10	30	45	8	5	2	TR	TR	TR					Cuarzomonzonita
R059*	810803	717249	10	40	30	10	5	2	3	TR	TR					Cuarzomonzonita
R060*	806328	710711	15	30	39	6	6	2,5	1,5	TR	TR					Cuarzomonzonita
R167*	805694	714440	25	26	45		2	0,5	1,5	TR	TR					Monzogranito
V403*	804870	696098	38	45		7		5	5							Granito
163457	781622	683783	14,7	38,7	39	2,7	2,7		2,2							Cuarzomonzonita
900717	799462	699077	37	15,6	46,8		TR	0,6	TR	TR	TR					Sienogranito
900746	809075	717925	3	65	2			2	2		TR	5	15	6		Saprolito de diorita
900750	797195	702681	12	24	59		2	TR			TR			3		Cuarzotraquita
R055A*	811328	716530	4,5	75				TR	0,5			20				Diabasa
R042*	809562	713259	TR	55		TR			TR	TR	TR	30	15			Andesita
R063*	809136	717894	30	24	40		5	1		TR	TR					Riolita

Abreviaturas de los minerales según Whitney y Evans (2010). Autores

TR = traza

Fuente: *muestras tomadas de las planchas 388 (Cárdenas *et al.*, 2003) y 389 (Rodríguez *et al.*, 2003).

- 1 Sienita de feldespato alcalino
- 2 Monzodiorita monzogabro
- 3 Diorita, gabro



1. alkali-feldespar trachyte

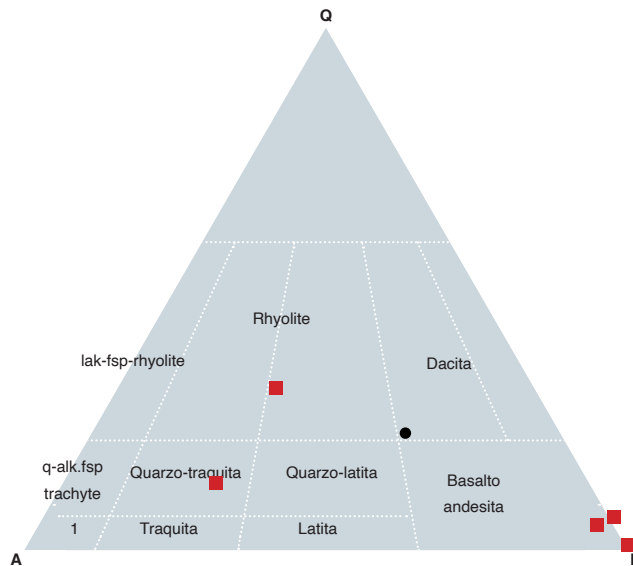


Figura 3. Clasificación de rocas del Monzogranito de Altamira. Rocas del Monzogranito de Altamira. Rocas de dique (en rojo) y a la roca porfídica (IGM 900747, en negro). Fuente: Streckeisen (1974) y autores.

La figura 3 muestra que el MA es un cuerpo que varía composicionalmente entre sienogranito, monzogranito y cuarzomonzonita, mientras que los diques presentan composición riolita, cuarzo traquita y diorita-andesita.

En términos generales, el MA presenta textura hipidiomórfica inequigranular y se compone de feldespato potásico (30 a 60%), plagioclasa (15 a 75%), cuarzo (3 a 60%), biotita (2 a 7%) y hornblenda (<10%) (figura 4). Como minerales accesorios presenta titanita (<2%),

minerales opacos (<2%), apatito y circón (en contenidos traza).

El feldespato potásico es de tipo ortosa. Se presenta en forma de cristales anhedrales a subhedrales de tamaños que varían entre 0,4 y 1,0 mm, y presenta desmezclas peritéticas en formas de filoncillos, parches de microclina con texturas tipo “tartán”, que indican un desdoblamiento hacia microclina, e inclusiones de cuarzo, plagioclasa, biotita y opacos.

La plagioclasa es de tipo andesina (An_{32} a An_{36}) y forma cristales tabulares enmascarados por alteración a sericita. Presenta maclas de tipo albita y albita-Carlsbad y zonaciones de tipo normal con el núcleo más cálcico que sus bordes. Además, aparece como cristales intersticiales entre cuarzo y feldespato, y con inclusiones de microcristales de biotita, titanita, apatito y minerales opacos.

El cuarzo se presenta como cristales xenomórficos con tamaños entre 0,3 mm y 1,7 mm, con microfracturas irregulares e inclusiones de polvo, minerales opacos y titanita. En algunas ocasiones presenta intercrecimientos micrográficos y textura poiquilitica marcada por inclusiones de minerales opacos, titanita y biotita.

Como minerales máficos predomina la biotita en agregados de láminas finas de tamaños menores de 0,3 mm, de color pardo verdoso con un pleocroísmo X: ama-

rillo pálido, Y = Z: pardo verdoso y una extinción moteada. Puede encontrarse como microcristales incluidos en la plagioclasa e intersticial entre feldespatos y cuarzo, generalmente junto a minerales opacos y titanita. Ocasionalmente presenta inclusiones de circón y apatitos.

La hornblenda se presenta en cristales subhedrales de color verde con pleocroísmo X: verde pálido, Y = Z: verde oliva, color de interferencia amarillo del segundo orden y ángulo de extinción de 21° . Presenta inclusiones de opacos, titanita, cuarzo, biotita y apatito, y se altera a epidota en agregados granulares.

Como accesorios, el apatito forma cristales tabulares euhedrales incoloros, incluidos en plagioclasa, cuarzo, ortosa y biotita. La titanita aparece en agregados finos con tamaños menores de 0,1 mm, de color pardo y alto relieve, incluida en los planos de clivaje de la biotita. El

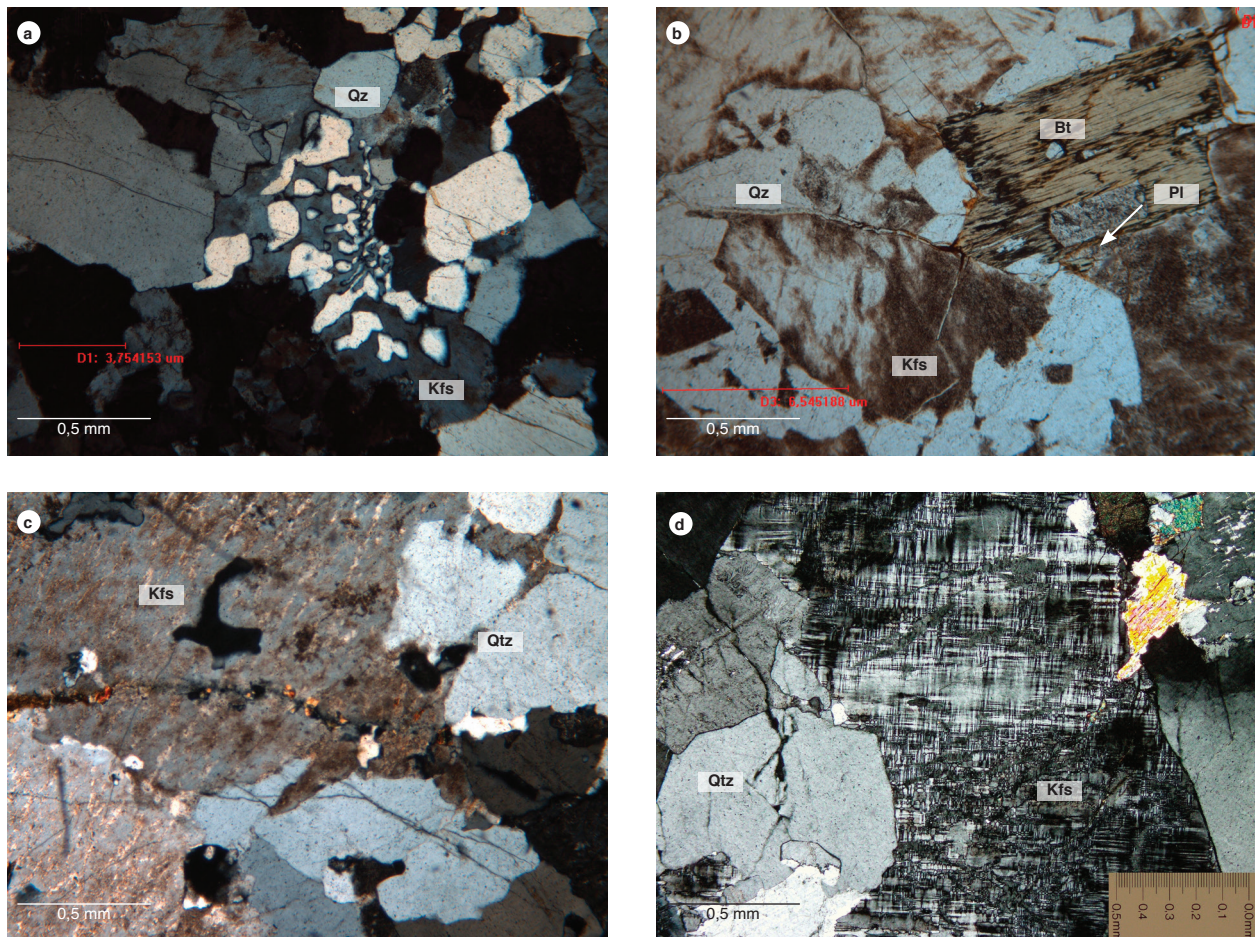


Figura 4. Aspectos microscópicos de las rocas del Monzogranito de Altamira

a) IGM 900718 textura micrográfica. b) IGM 900734 textura hipidiomórfica inequigranular. c) IGM 900749 textura perthítica. d) IGM 900745 maclas de microclina en feldespato potásico.

circón presenta hábito prismático, birrefringencia alta fucsia-azul del tercer orden y relieve muy alto, en tamaños menores de 0,05 mm, incluidos en biotita y titanita.

Las rocas de dique corresponden a sienogranitos y riolitas (IGM 900717 y R-063), y diques intermedios a básicos de composición andesita, diabasa y diorita (IGM 900746, 900750, R-055A y R042). Además, una muestra fue clasificada como pórfido dacítico (IGM 900747) (figura 5).

Los sienogranitos muestran una textura general alo-triomórfica equigranular fina a aplítica. Están compuestos principalmente por feldespato tipo ortosa (47%), cuarzo (37%) y plagioclasa tipo oligoclasa (15%). Como minerales accesorios presentan titanita, minerales opacos, circón y apatito.

Las riolitas, por su parte, tienen textura porfirítica con matriz microcristalina granular. Están compuestas

por feldespato potásico (40%), cuarzo anhedral (30%), plagioclasa (24%) y biotita (5%); y como accesorios tienen minerales opacos, circón y apatitos.

La muestra R-055A, clasificada como diabasa, presenta textura subofítica microporfídica, compuesta por plagioclasa (75%) en cristales subhedrales finos alterados a epidota y sericita con macla albita y Carlsbad, intercrecidos con piroxenos (20%), alterados fuertemente a epidota. El cuarzo se presenta como mineral secundario (4,5%), es anhedral y presenta extinción ondulatoria. Como minerales accesorios, la roca presenta minerales opacos y titanita.

Las microdioritas muestran una textura hipidiomórfica inequigranular, y están compuestas por plagioclasa tipo andesina (An_{32}) (65%), la cual cristalizó en forma de cristales subhedrales, tabulares, con tamaños entre 0,5 mm a 1,0 mm, desarrollando texturas porfídicas locales

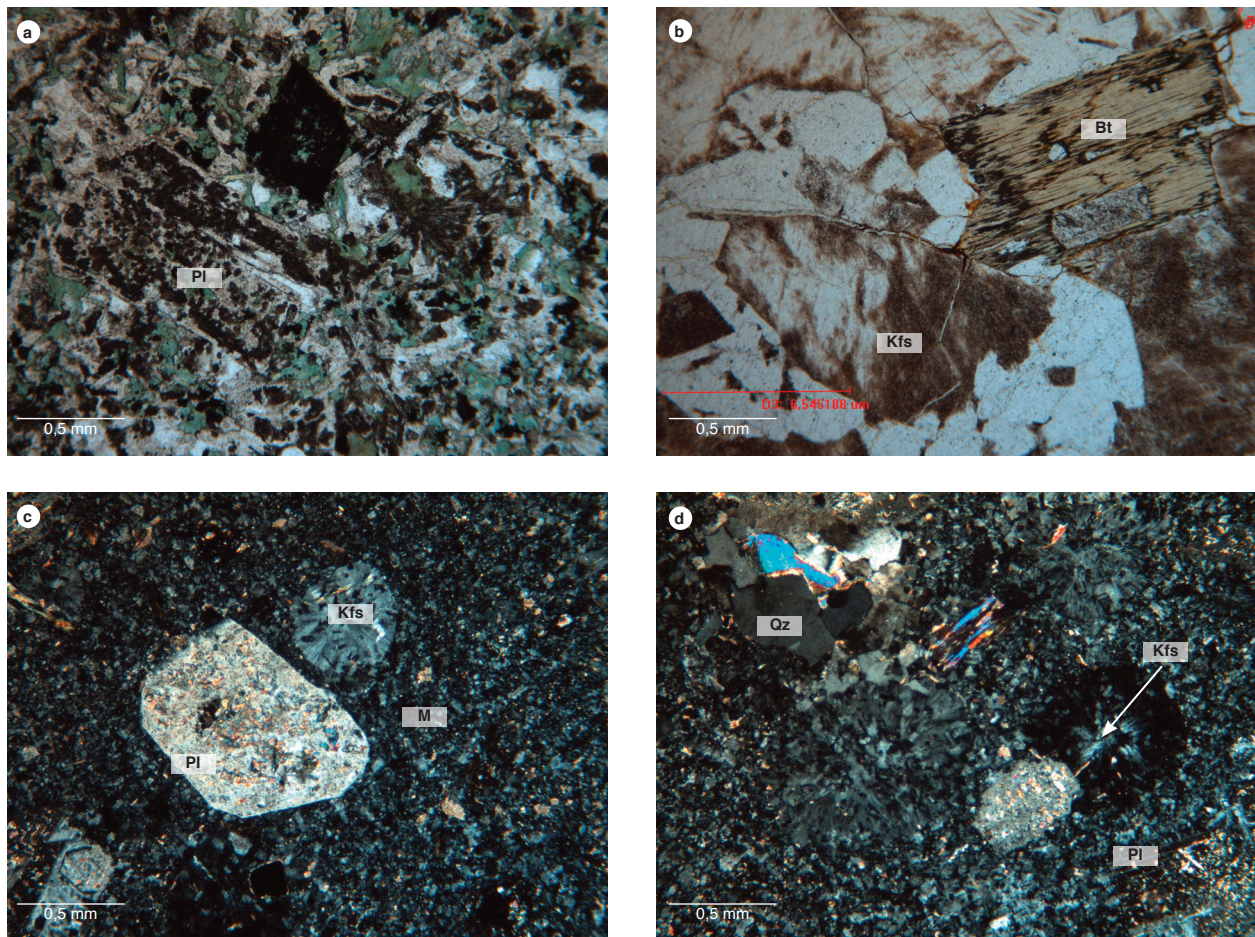


Figura 5. Características microscópicas de los diques del Monzogranito de Altamira, rocas de dique básicas y ácidas a) IGM 900746, Microdiorita. b) IGM 900717, sienogranito. c y d) IGM 900747, pórfido dacítico (M = matriz).

que exhiben maclas tipo albita enmascaradas por la alteración sericitica. El cuarzo (3%) presenta tamaños entre 0,2 y 0,5 mm, y el feldespato alcanza hasta el 2% en cristales empolvados por alteración a caolín. Como minerales accesorios se observan titanita, opacos y circón. Los minerales de alteración son clorita, epidota y calcita.

La muestra R-042, clasificada como andesita, presenta textura holocristalina microporfídica y está compuesta por plagioclasa, de composición oligoclasa en un 55%, con maclas de tipo albita y Carlsbad. La epidota se muestra en un 25% en forma de agregados granulares menores de 0,5 mm, incoloros, con birrefringencia amarilla del segundo orden. El cuarzo aparece en contenidos menores de 1%, es incoloro y presenta bordes en bahías. Como accesorios contiene circón euhedral de hábito prismático, relieve muy alto y birrefringencia fuerte de tercer orden con extinción paralela.

La muestra 900747 representa un cuerpo local clasificado como pórfido dacítico. Presenta textura holocristalina inequigranular porfídica con una matriz microgranular felsítica en un 57%, compuesta por cristales de cuarzo, esferulitos de feldespato potásico y calcita como mineral de alteración.

Los fenocristales componen el 43% de la roca y están constituidos por cuarzo (9%), que presenta texturas de reabsorción con la matriz, cristales tabulares subhedrales de plagioclasa (21,5%), esferulitos de hábito radial de feldespato potásico (11%) y láminas de biotita parcialmente cloritizadas. Como minerales accesorios (1,5%) presenta apatito, titanita, minerales opacos y allanita.

5. Litogeoquímica

La caracterización geoquímica del MA se realizó con ocho muestras de roca, que se correlacionaron con la muestra CB 0005 (Bustamante *et al.*, 2010).

5.1. Elementos mayores

La tabla 2 muestra los valores de óxidos mayores (wt% = porcentaje en peso) para el Monzogranito de Altamira y sus diques asociados.

Según el diagrama TAS (Middlemost, 1994), las muestras se clasifican como granito y granodiorita (figura 6a), lo cual es congruente con la clasificación petrográfica de monzogranitos.

En términos generales, las rocas graníticas del MA revelan un carácter ácido, en promedio de 74,5% de SiO₂, a diferencia de la muestra CB 0005 (63,5% de SiO₂).

El índice félsico ($100 \cdot (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$) muestra valores altos que se relacionan con el contenido abundante de feldespato alcalino y biotita, el cual contrasta con las concentraciones bajas de TiO₂, MgO y Fe₂O₃ (son menores en la roca IGM 900745, clasificada como sienogranito).

Los diques ácidos (IGM 900717 y 900750) muestran valores de SiO₂ de 78 y 71%, respectivamente, mientras que la muestra 900746 presenta un valor del 54%, y proyecta una composición más básica en el campo de las cuarzodioritas con contenidos mayores de Al₂O₃ (17,3%), Fe₂O₃ (8,87%) y MgO (4%).

En el diagrama de Peccerillo y Taylor (1976) las rocas graníticas y los diques de composición ácida hacen parte de las series calcoalcalinas ricas en potasio (figura 6b), con excepción de la muestra de dique básico (IGM 900746) y la muestra de facie porfídica (IGM 900747), que clasifican en las series calcoalcalinas con valores bajos de potasio.

Los índices de saturación de alúmina en el diagrama de Shand (1943) (figura 7a) muestran una impronta en la serie magmática peraluminosa Al₂O₃ > (CaO + K₂O + Na₂O) con relación promedio de 1,74, que se refleja en el MA por el contenido modal de biotita (5%) y la alteración de plagioclasa a sericitita-epidota y de clorita a partir de biotita. Se presenta, además, una dispersión de las muestras IGM 900734 y el dique porfídico IGM 900747 debido a los contenidos mayores de CaO (1,75 y 1,97%).

Por otra parte, el dique de composición básica IGM 900746 y la muestra CB 0005 (Bustamante *et al.*, 2010), descrita como roca con intensa alteración hidrotermal, clasifican en la serie metaluminosa con mayor relación de CaO que de Na₂O.

Esto se confirma en el diagrama de discriminación de Debon y Le Fort (1983), modificado por Villaseca *et al.* (1998). La mayoría de muestras se agrupan en el campo de granitos peraluminosos félsicos, con excepción de la muestra 900747, que tiende hacia granitos con alto índice peraluminico, mientras que CB 0005 y 900746 se catalogan como granitoides metaluminosos (figura 7b).

De acuerdo con Chappell y White (1992), es posible que el magma que originó las rocas del MA pudo haber sufrido contaminación por asimilación y mezclas de componentes sedimentarios que le impregnaron su comportamiento peraluminoso.

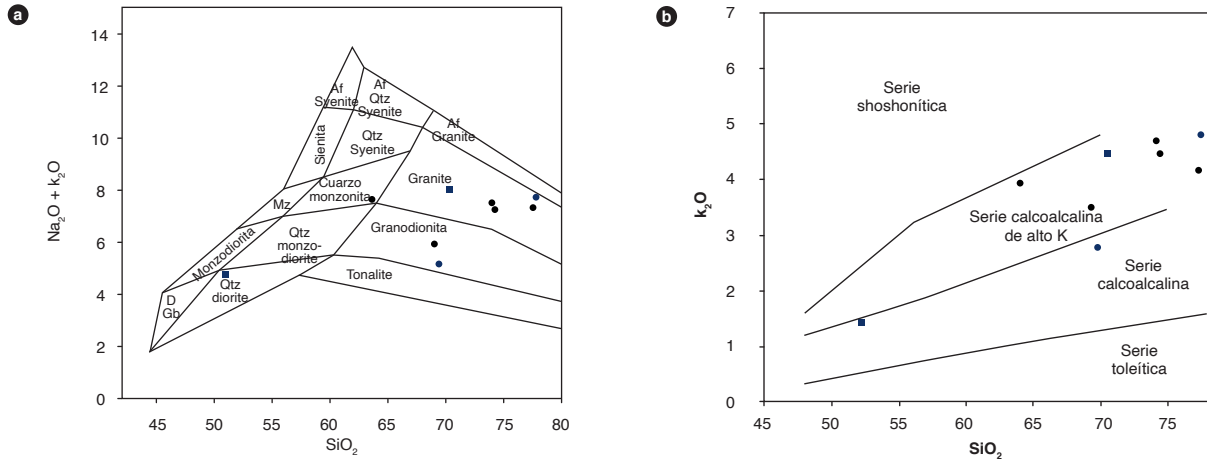


Figura 6. Diagramas de clasificación de rocas del Monzogranito de Altamira
 a) Diagrama TAS (Middlemost, 1994). b) Diagrama de Peccerillo y Taylor (1976). (En negro rocas graníticas, y en azul rocas de dique).

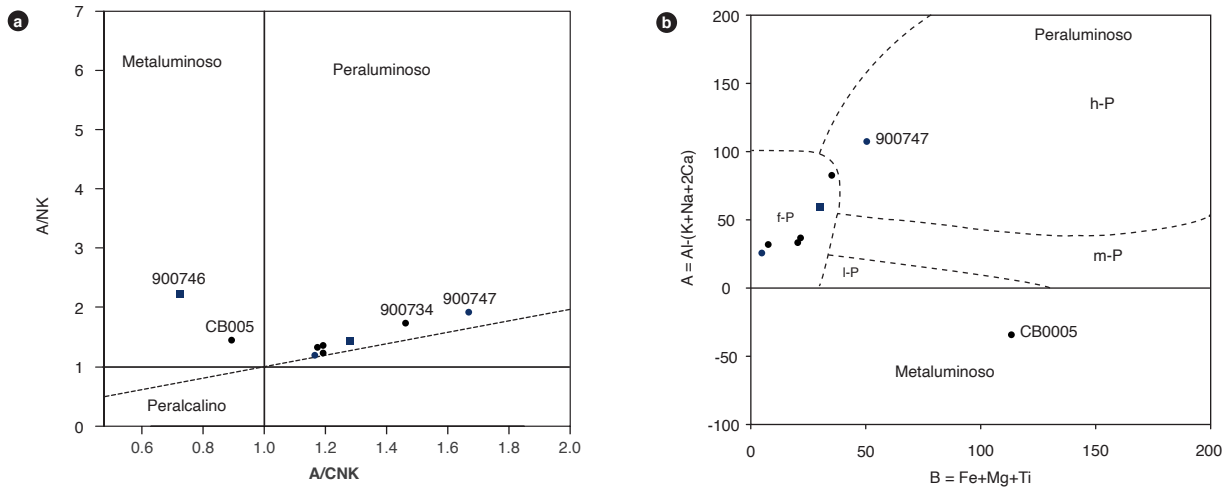


Figura 7. Diagrama de saturación de alúmina
 a) Shand (1943). b) Debon y Le Fort (1983), modificado por Villaseca *et al.*, (1998).

Tabla 2. Contenidos (wt%) de óxidos mayores del Monzogranito de Altamira

	Rocas graníticas					Rocas de dique			
	900718	900734	900745	900749	CB0005*	900717	900746	900750	900747
SiO ₂	74,9	70,5	78,0	74,7	63,5	78,0	54,0	71,0	71,2
TiO ₂	0,3	0,4	0,1	0,3	0,6	0,1	1,3	0,3	0,2
Al ₂ O ₃	13,3	14,7	12,4	13,4	15,6	12,3	17,3	15,2	14,9
Fe ₂ O ₃	1,5	2,6	0,6	1,4	5,0	0,6	8,9	1,8	1,7
MgO	0,3	0,7	0,1	0,2	1,9	0,1	4,0	0,3	0,4
CaO	1,1	1,8	0,2	1,1	3,8	0,4	7,8	1,1	2,0
Na ₂ O	3,3	3,6	3,6	3,3	3,7	3,3	3,9	4,2	3,8
K ₂ O	4,9	4,5	4,6	5,1	3,9	5,1	1,8	5,1	4,1
P ₂ O ₅	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,0	0,4	0,1	0,1
Mn	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0
FeO	0,2	0,8	0,2	0,3	0,0	0,1	5,2	0,4	0,7
LOI	0,4	1,0	0,4	0,4	1,3	0,3	0,3	0,6	1,4
Total	100,2	100,6	100,4	100,2	99,6	100,3	105,0	100,1	100,5

Como un buen indicador del grado de fraccionamiento del magma, las rocas graníticas muestran un número magnésiano (#MgO) que varía entre el 54,45 (IGM 900734), con contenidos de sílice (70,5%), y el 24,18 en la roca IGM 900718, con 74,9% en sílice.

5.2. Elementos trazas

Los elementos traza en las rocas del MA muestran concentraciones similares, algo típico de magmas calcoalcalinos con alto potasio (tabla 3). Están enriquecidos con tierras raras livianas (LREE) más de cien veces el valor del condrito, con relaciones La/Yb de 21,25 en promedio.

En la roca IGM 900745, clasificada como sienogranito, la relación La/Yb es mayor (41,47), algo reflejado por el tren cóncavo que se describe entre las REE medias y aumento en el Gd. En contraste, el resto de las rocas graníticas presentan ligeras anomalías de europio con valor promedio Eu^* de 0,94, y muestran una tendencia horizontal hacia las tierras raras pesadas (HREE) (figura 8a).

Los elementos traza en las rocas de dique presentan una tendencia similar entre las muestras IGM 900750 e IGM 900746, con valores mayores de LREE respecto al condrito, conforme a su aumento de contenido de sílice (70,98% y 54% SiO_2 , respectivamente). En contraste, la muestra IGM 900717 (sienogranito) presenta un comportamiento muy parecido a la roca granítica 900745, también clasificada como sienogranito, con una disminución de todas las REE con deflexión desde los LREE hacia los REE medias y una ligera anomalía negativa en Eu^* de 0,72 (figura 8b). Este comportamiento implica una mayor ocurrencia de cristalización fraccionada del magma en este tipo de diques ácidos, con precipitación de plagioclasa y feldespato potásico. La roca IGM-900747 muestra un fraccionamiento de HREE sobre LREE (La/Yb) de 28,67, y una anomalía positiva en el Eu^* de 2,04, consecuencia de la acumulación de plagioclasa y feldespatos alcalinos en el fundido residual, lo que es coherente con su clasificación petrográfica de dacita y un mayor empobrecimiento hacia las HREE.

En el diagrama multielemental normalizado a N-MORB (Sun y McDonough, 1989), las rocas graníticas (figura 9a), al igual que la facies del pórfido, muestran un paralelismo en enriquecimiento general en los elementos litófilos más móviles (Rb, Ba, Cs y Pb), y empobre-

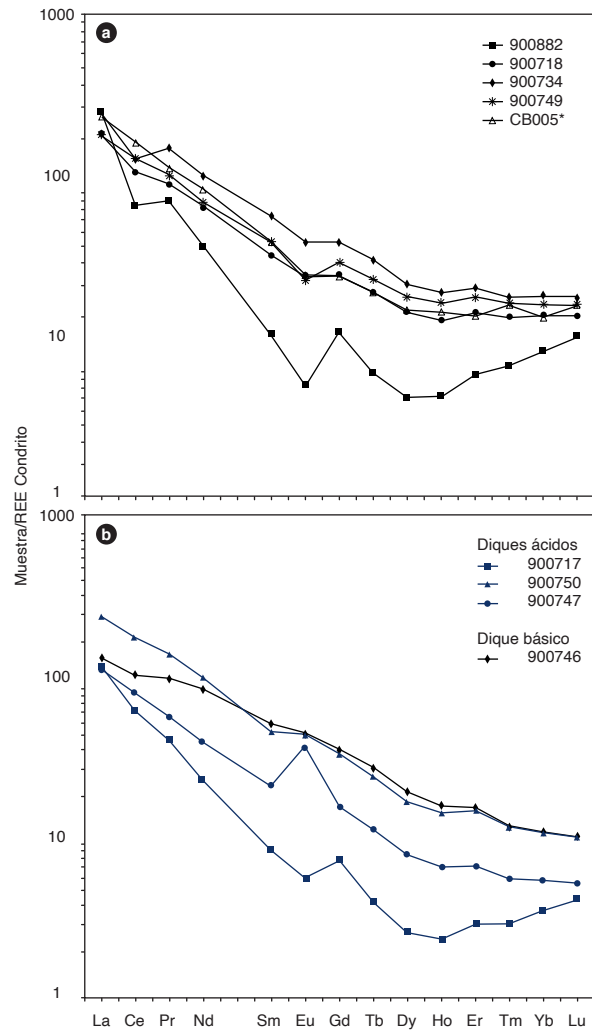


Figura 8. Diagrama de tierras raras
a) Monzogranito de Altamira. b) Rocas de dique, normalizados a condrito (Sun y McDonough, 1989).

cimientos relativos para el Nb, Ce y Sr (este último más apreciable en la roca IGM 900745), algo característico de granitos formados en ambientes de arcos magmáticos (Pearce *et al.* 1984).

En las rocas de dique (figura 9b) se observa una dispersión en el comportamiento de la muestra IGM 900717, con una deflexión en Ba, fuerte descenso en el Sr, una anomalía positiva en Y y menor concentración de tierras raras medias y HREE. La tendencia en las muestras IGM 900746 y 9007450 es más homogénea, y describen anomalías negativas en el Nb y Ce, aumento del Pb con una deflexión hacia los HREE.

Tabla 3. Contenidos de elementos traza y tierras raras (en ppm) del Monzogranito de Altamira

	Rocas graníticas				Rocas de dique				
	900745	900718	900734	900749	CB 0005*	900717	900746	900750	900747
Li	6,6	6,1	10,5	11,5		1,7	29,6	4,6	11,2
Be	5,5	2,2	3,3	2,4		1,6	1,4	2,2	1,5
Sc	1,3	3,2	6,5	3,2	8,0	1,4	28,2	4,2	2,6
V	16,3	25,1	27,5	20,2	90,0	18,1	229,7	20,9	21,0
Cr	1,5	1,7	1,8	0,9		1,5	5,4	3,7	3,3
Co	7,8	10,5	8,6	10,4		10,8	27,7	10,3	12,8
Ni	2,6	1,7	5,1	2,8		0,8	16,5	5,4	7,3
Cu	5,3	3,0	10,3	6,2		3,4	11,2	9,1	5,2
Zn	18,1	29,2	46,1	27,9		11,6	123,6	70,3	30,4
Ga	17,4	13,8	15,9	13,8	17,9	12,1	22,1	16,4	15,7
Rb	230,0	139,8	128,0	128,2	105,6	127,6	53,4	106,3	97,2
Sr	21,4	156,1	305,0	174,3	664,8	49,0	513,0	230,6	584,3
Y	10,9	22,2	29,2	27,4	21,7	68,5	22,7	22,5	11,5
Cd	0,1	0,1	0,1	<0,08		<0,08	0,3	0,3	0,1
In	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,1	0,0	0,0
Cs	1,9	0,8	1,1	0,8	0,8	0,4	0,7	0,6	0,6
Ba	81,6	674,1	1124,4	678,2	943,0	89,2	654,9	2159,6	2128,3
La	56,6	43,1	55,3	42,0	54,3	27,6	31,1	56,2	26,3
Ce	39,1	63,6	77,4	77,8	98,1	37,3	62,3	106,0	47,8
Pr	6,6	8,4	14,0	9,5	10,5	3,8	9,1	13,0	5,3
Nd	16,7	29,5	46,2	31,5	38,0	10,4	38,7	45,8	18,1
Sm	1,5	4,8	8,5	5,9	5,9	1,3	7,8	6,9	3,2
Eu	0,3	1,4	2,2	1,3	1,4	0,3	2,5	2,6	2,1
Gd	2,2	4,9	7,9	5,8	4,8	1,5	7,1	6,8	3,2
Tb	0,2	0,7	1,1	0,8	0,7	0,1	1,0	0,9	0,4
Dy	1,0	3,6	5,3	4,5	3,7	0,6	4,8	4,2	2,0
Ho	0,2	0,7	1,0	0,9	0,8	0,1	0,9	0,8	0,4
Er	0,9	2,3	3,3	2,9	2,2	0,5	2,5	2,4	1,1
Tm	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,3	0,1
Yb	1,4	2,3	3,0	2,7	2,2	0,6	1,8	1,8	0,9
Lu	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,3	0,1
Tl	0,9	0,5	0,5	0,5		0,5	0,2	0,4	0,3
Pb	14,7	14,7	10,6	16,6	3,9	12,9	8,9	18,4	14,9
Bi	0,1	<0,05	<0,05	0,1		<0,05	<0,05	0,1	<0,05
Th	22,5	14,9	9,7	11,9	14,5	14,4	2,2	8,5	2,7
U	4,1	2,5	2,6	1,7	4,1	1,9	0,6	1,1	0,6
Nb	18,3	11,8	9,8	13,3	18,0	8,4	5,6	11,2	4,8
Ta					1,1				
Hf					5,9				
Zr	<130	140,7	236,9	148,1	216,1	<130	162,9	251,7	133,3

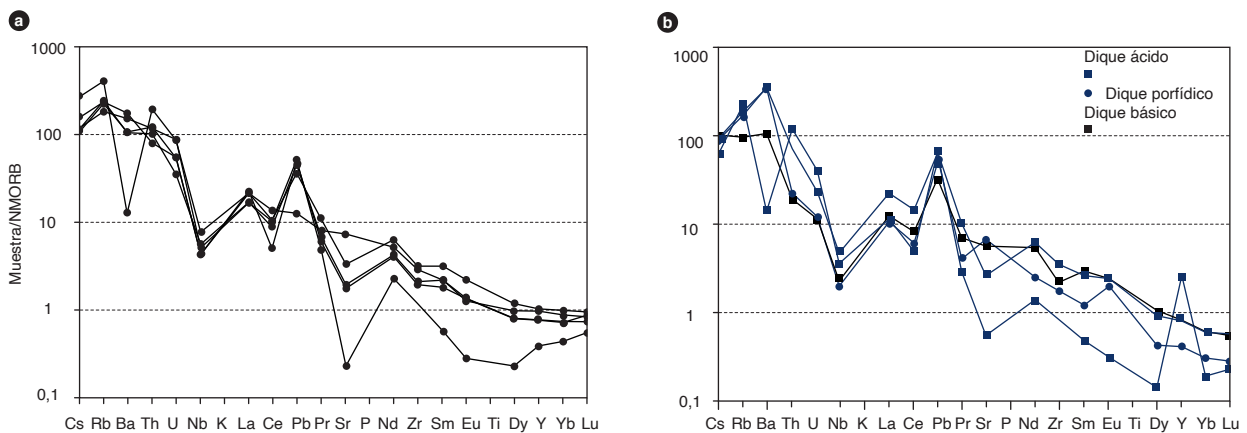


Figura 9. Diagrama multielemental correspondiente a las rocas del Monzogranito de Altamira normalizado a N-MORB (Sun y McDonough, 1989)
a) Rocas graníticas. b) Rocas de dique.

5.3. Discriminación de ambiente tectónico

Las relaciones de Y, Nb y Rb en las rocas del MA muestran afinidad con rocas de arco magmático (figura 10a) (Pearce *et al.*, 1984); sin embargo, la muestra de dique porfídico 900717 alcanza los campos de granitos orogénicos. Considerando los óxidos mayores (Na₂O+K₂O) / CaO versus los elementos traza Zr+Nb+Ce+Y (Whalen *et al.* 1987) (figura 10b), las rocas muestran tendencias hacia magmas más diferenciados en la muestra 900745 (sienogranito) y en la roca de dique 900717. El resto de las muestras manifiestan una naturaleza más alcalina, desde magmas tipo I (900747) hasta magmas de tipo A, y se caracterizan por contenidos bajos de CaO, MgO, alto SiO₂, Zr y Nb.

6. Posición estratigráfica y edad

Por relaciones de campo, Velandia *et al.* (2001) y Cárdenas *et al.* (2003), en la cartografía geológica de las planchas 366 (Garzón) y 388 (Pitalito), indican contactos intrusivos con la formación Saldaña; mientras que en las rocas del Cretácico Inferior no encuentran afectación por este magmatismo. Esto sugiere una edad Jurásica

para el MA correlacionable con los cuerpos ígneos del borde occidental de la cordillera Oriental, como el monzogranito de Algeciras y el Granito de Garzón.

Con el fin de establecer la edad de cristalización del MA, a continuación se presentan los resultados de la datación U-Pb (anexo 1) y geoquímica de circones (anexo 2) por medio de LA-ICP-MS (espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo por ablación láser) de tres muestras obtenidas en el MA.

6.1. Geocronología U-Pb en circón

El análisis geocronológico del Monzogranito de Altamira se realizó controlando su disposición espacial, ya que aflora en dos franjas (figura 1). Hacia el norte, en la plancha 389, se utilizó como referencia la muestra CB 0005 (Bustamante *et al.*, 2010), que cuenta con análisis geoquímico. Hacia la parte central se usaron dos muestras (MIA-478 y JGB-390), y hacia el sur, en la plancha 388, se usó la muestra GR-6652 (tabla 4).

En general, los circones de las tres muestras presentan tamaños entre 100 y 300 µm, son incoloros a pardos con formas subhedrales, prismáticas y hexagonales, va-

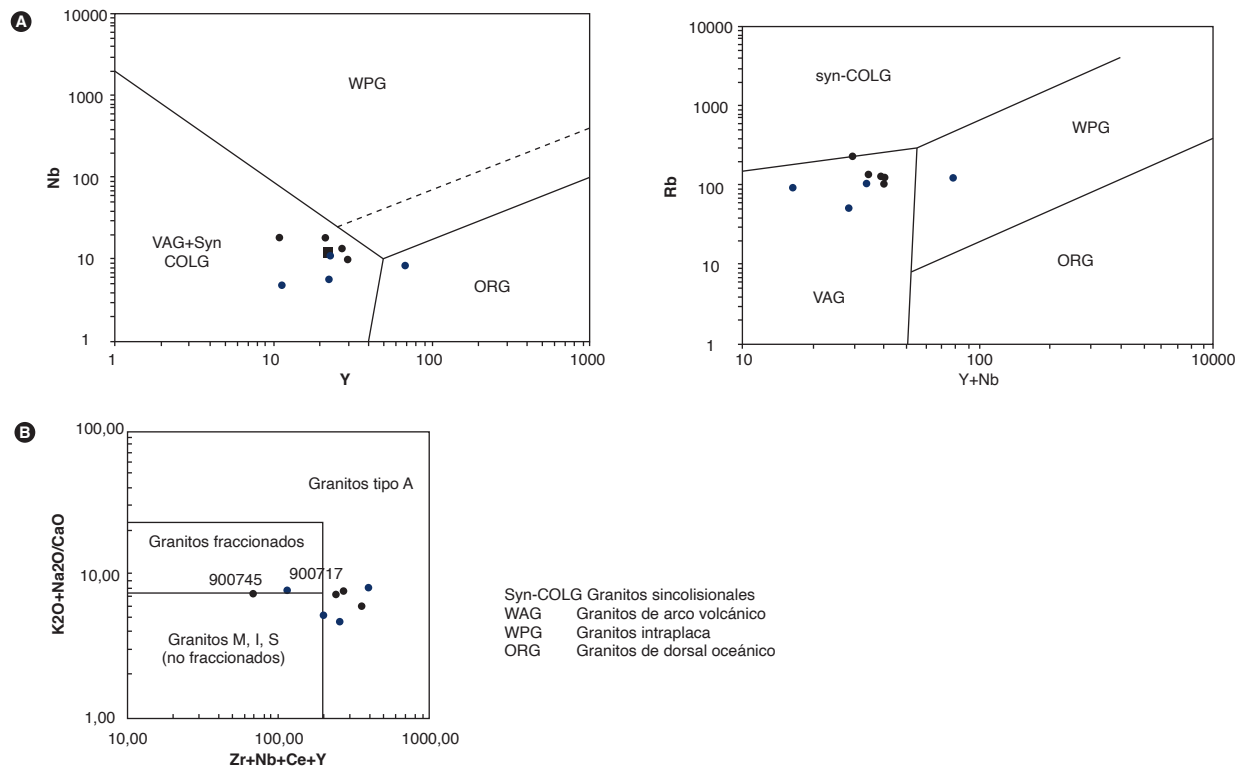


Figura 10. Discriminación de ambientes tectónicos a) Diagrama de Pearce *et al.* (1984). b) Diagrama de Whalen *et al.* (1987).

Tabla 4. Edades del Monzogranito de Altamira obtenidas por el método LA-ICP-MS en circones. Coordenadas en origen Magna Bogotá

IGM	N campo	W (m)	N (m)	Clasificación	Edad (Ma)
	CB0005*	814194	718332	Monzogranito	178,9 ± 0,4
900749	MIA-478	797666	700302	Monzogranito	169,4 ± 3,2
	JGB-390	796210	695702	Saprolito granito	172,0 ± 3,9
900734	GR-6652	783390	685289	Granito	171,3 ± 1,6

rían entre alargados y cortos. Las imágenes de catodoluminiscencia, además, muestran zonamientos y ausencia de núcleos heredados (figura 11).

Por su morfología típica de cristales enfriados lentamente, y las relaciones de Th/U, que varían entre 1,07, 1,31 y 1,44 (anexo 1) en las muestras GR-6652, JGB-390 y MIA-478, respectivamente, se infiere un origen ígneo plutónico de estos circones.

Para datar las muestras, en primera instancia se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos teniendo en cuenta la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) \times 100$, con el fin de calcular valores concordantes. Se filtraron los datos con discordancia >20% en las muestras MIA-478 y JGB-390, de lo que se obtuvieron 17 datos para cada roca, y discordancia >11% en la muestra GR-6652, de la que se obtuvieron 15 datos. Los gráficos de concordia (Tera-Wasserburg) y edad promedio se elaboraron en el software Isoplot/Ex vers. 4.15 (Ludwig, 2008).

Hacia la parte norte del MA, Bustamante *et al.* (2010) obtuvieron una edad U-Pb en circón de la muestra CB 0005, que fue recalculada al 2 sigma absoluto, lo cual arrojó una edad de $178,97 \pm 0,4$ Ma y MSWD de 3,9 (figura 12).

En la parte central del cuerpo, las muestras MIA-478 y JGB-390 arrojaron edades de $169,4 \pm 3,2$ Ma (MSWD de 3,7) y $172,0 \pm 3,9$ Ma (MSWD de 4,8), respectivamente (figura 13). Hacia el sur, la muestra GR-6652 presentó una edad de $171,3 \pm 1,6$ Ma con un MSWD de 3,6 (figura 13).

Todas las edades pertenecen al período Jurásico, entre las épocas baja a media (Toarciano a Bajociano).

El Monzogranito de Altamira y otros cuerpos analizados en este trabajo, que se localizan en el lado oriental del valle superior del Magdalena, como el Monzogranito de Algeciras y el Granito de Garzón, tienen una variación en el rango de edades que permite sugerir la ocurrencia de dos pulsos magmáticos, por lo menos, en este sector

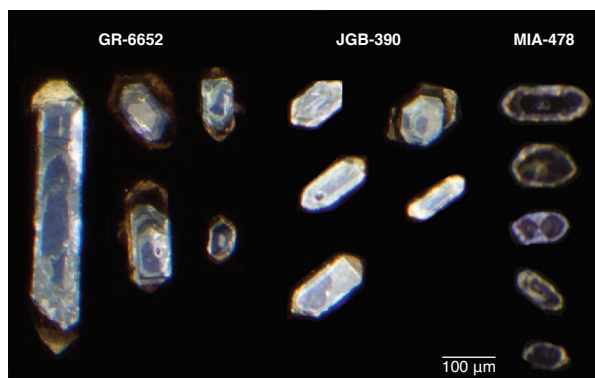


Figura 11. Imágenes de catodoluminiscencia representativas de las muestras GR-6652, MIA-478 y JGB-390

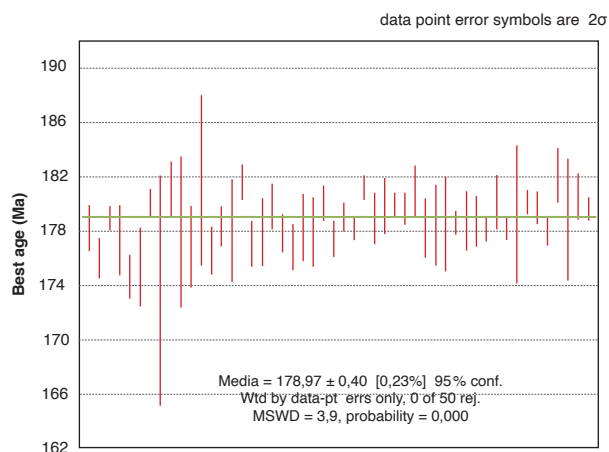


Figura 12. Edad media de la muestra CB 0005 recalculada al 2σ Fuente: Bustamante *et al.* (2010) .

del valle superior del Magdalena. El primer pulso ocurrió alrededor de 179 Ma, y fue más local entre los cuerpos de Altamira y Algeciras, y el pulso principal ocurrió aproximadamente hace 169 Ma en el Monzogranito de Algeciras, entre 169 y 172 Ma en el Monzogranito de Altamira y entre 170 y 172 Ma en el Granito de Garzón.

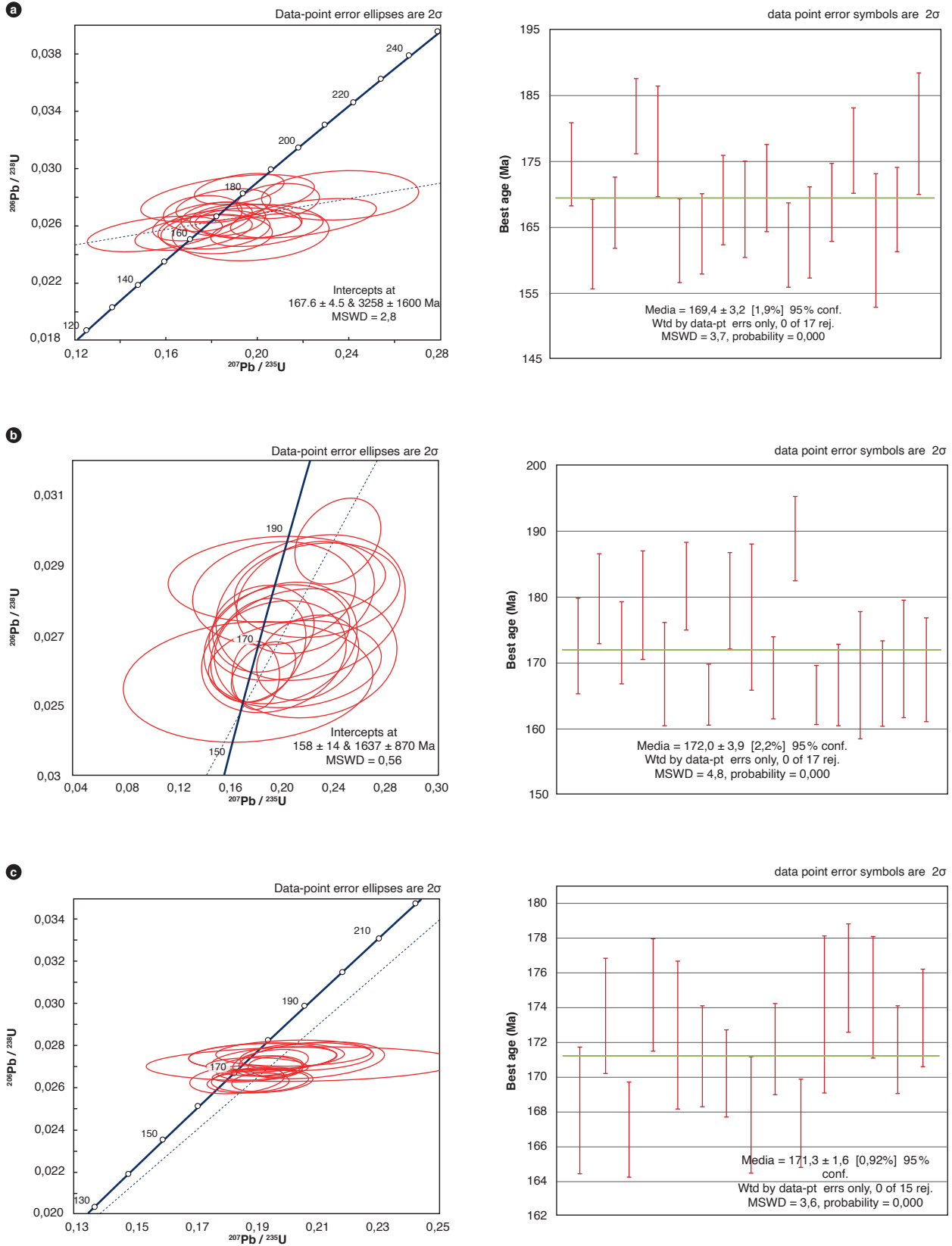


Figura 13. Diagramas concordia (Wetherill) y edad media y desviación estándar de las muestras a) MIA-478, b) JGB-390 y c) GR-6652.

6.2. Geoquímica de circones

Los contenidos de tierras raras (REE) en los circones del Monzogranito de Altamira (anexo 2) fueron usados para discriminar el tipo de roca de la fuente y su ambiente de cristalización.

Usando el diagrama de Wang *et al.* (2012), los datos de las tres muestras del MA clasifican en ambientes de granito tipo I (Pb < 25 ppm y Th entre 30 y 700 ppm), con valores de 6,22 ppm (Pb) y 348 ppm (Th) correspondientes al JGB-390; 8,73 ppm (Pb) y 376 ppm (Th) correspondientes al GR-6652, y 14,26 ppm (Pb) y 805 ppm (Th) correspondientes al MIA-478. La concentración de Th en esta última muestra presenta un valor promedio por encima del estándar, y exhibe mayor dispersión (figura 14).

Las relaciones Hf (wt%) y Y (ppm), además, permiten discriminar la química del magma generador de los circones (figura 15). Los datos muestran afinidad entre los campos II, III y VI, que corresponden a rocas ígneas intermedias, rocas intermedias con cuarzo y félsicas, y rocas félsicas con alto contenido de SiO₂, respectivamente, según Shnukov *et al.* (1997).

Los valores de REE se normalizaron a condrito (McDonough y Sun, 1995) y se calcularon las relaciones Pm* y Tm* en cada uno de ellos. En la figura 16 se observan patrones similares entre las tres muestras, con anomalías positivas muy definidas de Ce, valores alrededor de cien veces el condrito de Sun y McDonough (1989), siendo aún más fuerte en la roca MIA-478, que alcanza valores de 1000. Este enriquecimiento en Ce indica un aumento en el contenido de oxígeno y un posible decaimiento en la temperatura del fundido magmático (Belousova *et al.*, 2002).

Es común el patrón de pendientes positivas hacia las HREE, las cuales se albergan en la estructura del circón debido a su compatibilidad con fases fundidas, con mayores valores en la muestra JGB-390. Asimismo, se observa en cada roca una moderada deflexión del Eu con relaciones de (Eu/Eu*) entre 0,31, 0,36 y 0,4 (GR-6652, MIA-478 y JGB-390), que es interpretada como el agotamiento de esta tierra rara en el momento de la precipitación del circón, ya que se incorpora previamente como Eu²⁺ en la cristalización de plagioclasa, y reduce su contenido en el magma residual (Hoskin y Schaltegger, 2003).

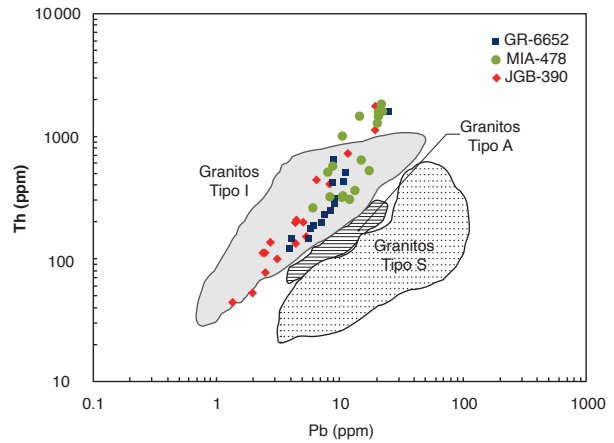


Figura 14. Discriminación de ambientes de circones Fuente: modificado de Wang *et al.* (2012) y autores.

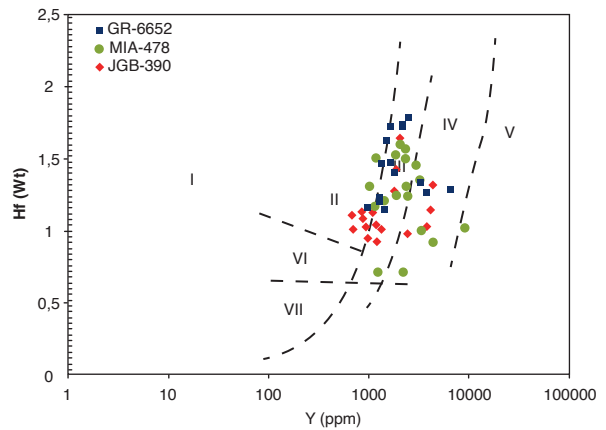


Figura 15. Diagrama de discriminación de ambientes de los circones I) Kimberlitas, II) rocas ultramáficas, máficas e intermedias, III) rocas intermedias con cuarzo y félsicas, IV) rocas félsicas con "alto" contenido de SiO₂, V) greisen, VI) rocas alcalinas, VII) carbonatitas. Fuente: modificado de Shnukov *et al.* (1997) en Belousova *et al.* (2002).

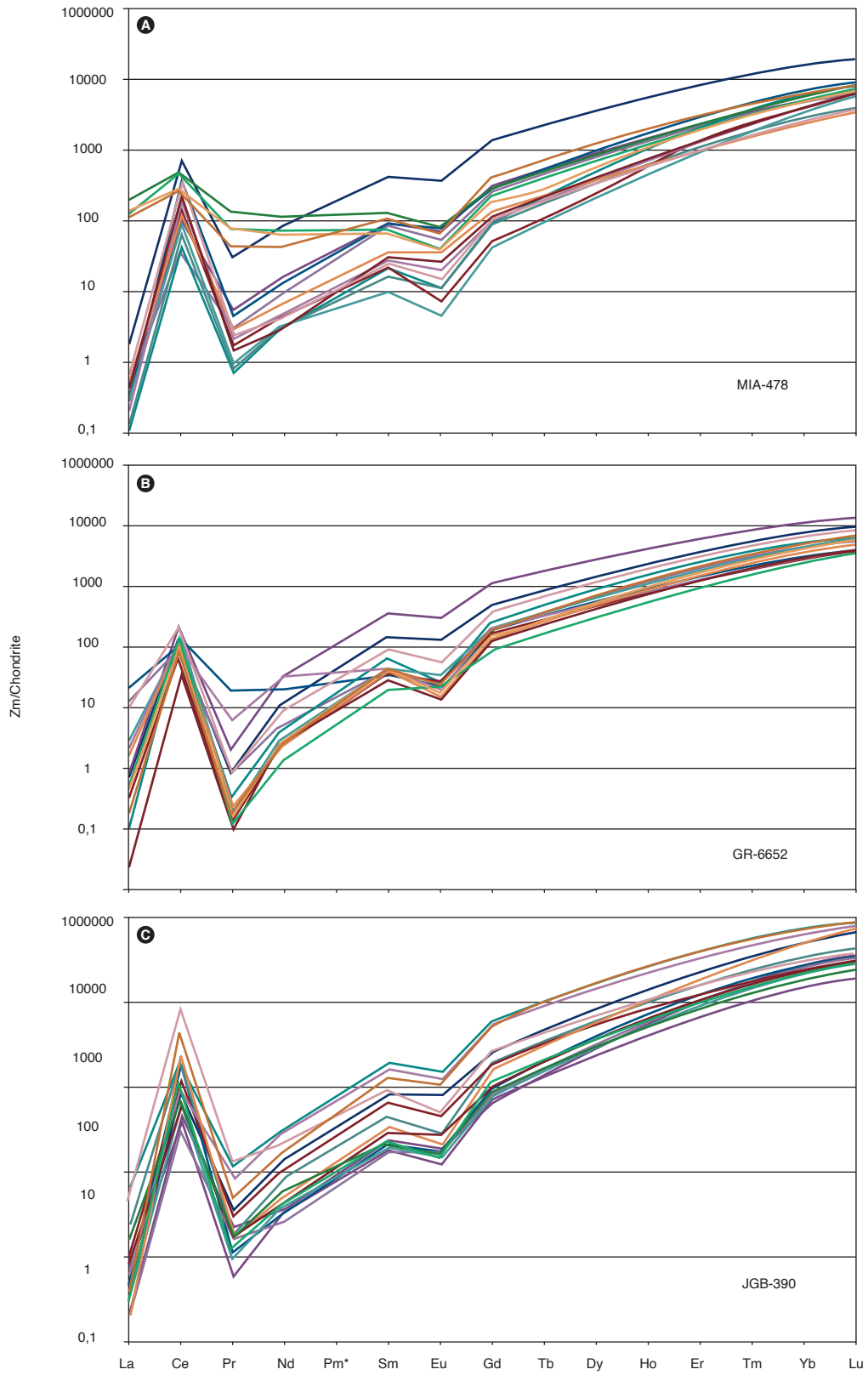


Figura 16. Diagrama REE correspondiente a los circones del Monzogranito de Altamira

7. Correlaciones

Velandia *et al.* (2001) correlacionan esta unidad con los plutones que se localizan en el flanco occidental de la cordillera Oriental, entre ellos el plutón de Suaza (Raddelli, 1962), y sugieren un evento comagmático con el Batolito de Algeciras y el Granito de Garzón.

Por posición estratigráfica, geotectónica y geocronológica se correlaciona con los plutones que afloran en el borde oriental del valle superior del Magdalena, como son el Monzogranito de Algeciras, con edades U-Pb de $171,5 \pm 2,5$ Ma, $169,6 \pm 1,2$ Ma y $179,0 \pm 1,9$ Ma; la Cuarzolitita de Teruel, con una edad de $170,0 \pm 1,1$ Ma, y con el Granito de Garzón, con edades de $170,8 \pm 2,4$ Ma y $172,3 \pm 2,0$ Ma.

8. Localidad tipo

Su mejor exposición se encuentra sobre la vía que conduce del municipio de Timaná a Gallardo, y en la quebrada La Cuchilla, y cubre parte de las planchas 366 y 388 de Ingeominas.

9. Génesis

Álvarez (1983) refiere que el origen de las rocas del Monzogranito de Altamira ocurrió por el emplazamiento en un ambiente de márgenes de placas convergentes, lo cual es consistente con los datos de discriminación de ambiente tectónico y geoquímica interpretados en este trabajo. Rodríguez *et al.* (2003) sugieren un origen epizonal que puede estar asociado con las facies porfídicas que se desarrollan en estas rocas.

De acuerdo con los resultados geoquímicos en roca total y en circones obtenidos en el presente estudio, el Monzogranito de Altamira corresponde a un granito de tipo I (cordillerano) de la serie calcoalcalina alta en K y de la serie magnésiana. Su ambiente de formación es de arco magmático de margen continental, y hace parte de un evento plutónico emplazado en el valle superior del Magdalena ocurrido entre 170 y 179 Ma.

10. Recursos minerales

No se conoce hasta el momento ningún tipo de mineralización asociada a este plutón.

Referencias

- Álvarez, J. (1983). Geología de la cordillera Central y el occidente colombiano y petroquímica de los intrusivos granitoides meso-cenozoicos. *Boletín Geológico*, 26(2), 1-175.
- Belousova, E., Griffin, W., O'Reilly, S. y Fisher, N. (2002). Igneous zircon: Trace element composition as an indicator of source rock type. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143(5), 602-622. <https://doi.org/10.1007/s00410-002-0364-7>
- Bustamante, C., Cardona, A., Bayona, G., Mora, A., Valencia, V., Gehrels, G. y Vervoort, J. (2010). U-Pb LA-ICP-MS geochronology and regional correlation of Middle Jurassic intrusive rocks from the Garzon Massif, Upper Magdalena Valley and Central Cordillera, Southern Colombia. *Boletín de Geología*, 32(2), 93-109.
- Cárdenas, J., Núñez, A. y Fuquen, J. (2003). *Geología de la plancha 388 Pitalito, memoria explicativa, escala 1:100 000*. Ingeominas.
- Chappell, B. y White, A. (1992). I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 83(1-2), 1-26. <https://doi.org/10.1017/S0263593300007720>
- Debon, F. y Le Fort, P. (1983). A chemical mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 73(3), 153-149. <https://doi.org/10.1017/S0263593300010117>
- Grosse, E. (1935 [1930]). *Acerca de la geología del sur de Colombia. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje al Huila y alto Caquetá*. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales de Colombia. Tomo III. Servicio Geológico Nacional.
- Hoskin, P. y Shaltegger, U. (2003). The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53(1), 27-62. <https://doi.org/10.2113/0530027>
- Ludwig, K. (2008). *Isoplot version 4.15: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Special Publication n.º 4. Berkeley Geochronology Center.
- Marquínez, G. y Velandia, F. (2001). *Geología del departamento del Huila. Escala 1:300 000*. Ingeominas.
- Mc McDonough, W. y Sun, S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120(3-4), 223-253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Middlemost, E. (1994). Naming materials in magma-igneous rock system. *Earth-Science Reviews*,

- 37(3-4), 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
- Núñez, A. (2003). *Reconocimiento geológico regional de las planchas 411 La Cruz, 412 San Juan de Villalobos, 430 Mocoa, 431 Piamonte, 448 Monopamba, 449 Orito y 465 Churuyaco*. Informe. Ingeominas.
- Pearce, J., Harris, N. y Tindle, A. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>
- Peccerillo A. y Taylor, T. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1), 63-81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>
- Radelli, L. (1962). Introducción al estudio de la petrografía del Macizo de Garzón (Huila-Colombia). *Geología Colombiana*, 3, 16-46.
- Restrepo-Pace, P., Ruiz, J., Gehrels, G. y Cosca, M. (1997). Geochronology and Nd isotopic data of Grenville-age rocks in the Colombian Andes: new constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Science Letters*, 150(3-4), 427-441. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00091-5](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00091-5)
- Rodríguez, G., Ferreira, P., Velandia, F. y Núñez, A. (1998). *Geología de la plancha 366 Garzón*. Informe. Ingeominas.
- Rodríguez, G., Zapata, G., Velásquez, M., Cossio, U. y Londoño, A. (2003). *Geología de las planchas 367 Gigante, 368 San Vicente del Caguán, 389 Timaná, 390 Puerto Rico, 391 Lusitania (parte noroccidental) y 414 El Doncello*. Memoria explicativa, escala 1:100 000. Bogotá: Ingeominas.
- Shand, S. (1943). *Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. John Wiley & Sons.
- Shnukov, S., Andreev, A. y Savenok, S. (1997). Admixture elements in zircons and apatites: A tool for provenance studies of terrigenous sedimentary rocks. En European Union of Geosciences, IX Conference, 23-27 March, Strasbourg.
- Streckeisen, A. (1974). Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau*, 63(2), 773-786. <https://doi.org/10.1007/BF01820841>
- Streckeisen, A. (1979). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks: Recommendations and suggestions of the IUGS Subcommission on the Systematic of Igneous Rocks. *Geology*, 7(7), 331-335. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1979\)7<331:CANOVR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1979)7<331:CANOVR>2.0.CO;2)
- Sun, S. y McDonough, W. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. En A. Sanders y M. Norry (eds.), *Magmatism in oceanic basins*. Special Publications 42. The Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Velandia, F., Ferreira, P., Rodríguez, G. y Núñez, A. (2001). *Levantamiento geológico de la plancha 366 Garzón, memoria explicativa*. Ingeominas.
- Villaseca, C., Barbero, L. y Herreros, V. (1998). A re-examination of the typology of peraluminous granite types in intracontinental orogenic belts. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 89(2), 113-119. <https://doi.org/10.1017/S0263593300007045>
- Wang, Q., Zhu, D., Zhao, Z., Guan, Q., Zhang, X., Sui, Q., Hu, Z. y Mo, X. (2012). Magmatic zircons from I-, S- and A-type granitoids in Tibet: Trace element characteristics and their application to detrital zircon provenance study. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.07.027>
- Whalen, J., Currie, K. y Chappell, B. (1987). A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95(4), 407-419. <https://doi.org/10.1007/BF00402202>
- Whitney, D. L. y Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1), 185-187. <https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>

Anexo 1

Edades U-Pb del Monzogranito de Altamira

	U ppm	Th ppm	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ±2σ abs	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁵ U ±2σ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±2σ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³² Th ±2σ abs	Rho	²⁰⁴ Pb/ ²³⁸ U ±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁵ U ±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁵ U ±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	Best age (Ma)	±2σ	Disc %
MIA-478																
Circón 038	1636,00	1803,00	1,10	0,68	0,19	0,02	0,00	0,00	0,49	1,11	0,21	15,10	2,80	4650,00	610,00	92,65
Circón 039	571,00	475,00	0,83	0,82	0,24	0,04	0,01	0,00	0,49	2,81	0,42	39,10	5,10	4930,00	720,00	92,81
Circón 040	782,00	1804,00	2,31	0,05	0,00	0,19	0,02	0,03	0,38	174,50	6,20	172,00	14,00	210,00	170,00	-1,45
Circón 041	791,00	1565,00	1,98	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,08	162,40	6,70	169,00	17,00	350,00	190,00	3,91
Circón 042	249,20	502,60	2,02	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,01	167,20	5,30	181,00	17,00	300,00	230,00	7,62
Circón 043	479,00	1440,00	3,01	0,05	0,00	0,19	0,02	0,03	0,43	181,80	5,60	178,00	14,00	180,00	190,00	-2,13
Circón 044	87,20	113,50	1,30	0,08	0,02	0,29	0,09	0,03	0,02	175,70	9,00	267,00	64,00	1000,00	520,00	34,19
Circón 045	388,00	1320,00	3,40	0,07	0,01	0,23	0,03	0,03	0,50	172,20	7,90	211,00	22,00	760,00	300,00	18,39
Circón 046	183,20	257,10	1,40	0,05	0,01	0,19	0,03	0,03	0,49	178,00	8,30	173,00	26,00	80,00	290,00	-2,89
Circón 047	491,00	361,00	0,74	0,05	0,01	0,17	0,02	0,03	0,49	163,00	6,30	161,00	18,00	160,00	230,00	-1,24
Circón 048	841,00	1570,00	1,87	0,06	0,00	0,20	0,02	0,03	0,49	164,00	6,00	188,00	16,00	530,00	170,00	6,00
Circón 049	424,00	302,00	0,71	0,06	0,01	0,22	0,03	0,03	0,49	169,10	6,70	202,00	21,00	540,00	250,00	16,29
Circón 050	237,00	280,00	1,18	0,08	0,01	0,35	0,04	0,03	0,00	202,00	11,00	301,00	33,00	1200,00	320,00	32,89
Circón 051	243,40	294,30	1,21	0,07	0,01	0,22	0,04	0,03	0,37	164,20	7,30	210,00	41,00	690,00	390,00	21,81
Circón 052	493,00	419,00	0,85	0,06	0,01	0,24	0,03	0,03	0,62	173,20	6,50	219,00	25,00	690,00	250,00	20,91
Circón 054	669,00	1425,00	2,13	0,05	0,01	0,18	0,02	0,03	0,49	167,70	7,20	165,00	16,00	110,00	210,00	-1,64
Circón 055	734,00	1240,00	1,69	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,15	170,90	6,50	164,00	12,00	120,00	140,00	-4,21
Circón 056	510,00	266,00	0,52	2,00	1,40	0,01	0,03	0,00	0,00	0,10	1,50	19,00	35,00	6700,00	3900,00	99,47
Circón 057	389,00	323,00	0,83	0,04	0,01	0,16	0,02	0,03	0,41	162,30	6,30	145,00	21,00	-60,00	230,00	-11,93
Circón 058	660,00	225,00	0,34	0,98	0,19	0,09	0,02	0,00	0,58	4,60	1,10	85,00	16,00	5490,00	620,00	94,59
Circón 059	247,00	784,00	3,17	0,06	0,01	0,23	0,04	0,03	0,69	171,10	9,10	210,00	35,00	530,00	320,00	171,10
Circón 060	301,00	449,30	1,49	0,06	0,01	0,23	0,03	0,03	0,49	165,70	6,90	205,00	21,00	670,00	240,00	19,17
Circón 061	252,00	174,00	0,69	0,07	0,01	0,26	0,04	0,03	0,40	159,10	6,70	230,00	30,00	1040,00	300,00	30,83
Circón 062	322,00	570,00	1,77	0,05	0,01	0,18	0,02	0,03	0,25	164,20	6,80	172,00	16,00	360,00	210,00	6,80
Circón 063	640,00	560,00	0,88	0,44	0,95	0,03	0,01	0,00	0,49	1,68	0,68	33,60	6,60	-50000,00	15000,00	95,00
Circón 064	638,00	523,00	0,82	0,05	0,00	0,19	0,02	0,03	0,13	168,80	5,80	172,00	13,00	250,00	150,00	1,86
Circón 065	366,00	131,00	0,36	0,10	0,04	0,04	0,01	0,00	0,49	16,80	1,40	36,00	14,00	990,00	870,00	53,33
Circón 066	136,00	190,00	1,40	0,08	0,01	0,33	0,06	0,03	0,49	179,40	8,70	284,00	42,00	1230,00	370,00	36,83
Circón 067	485,00	637,00	1,31	0,06	0,00	0,21	0,02	0,03	0,21	176,60	6,40	195,00	13,00	390,00	130,00	6,40
Circón 068	425,00	313,00	0,74	0,06	0,01	0,21	0,02	0,02	0,09	155,80	6,90	193,00	18,00	650,00	220,00	19,27
Circón 069	417,00	990,00	2,37	0,06	0,01	0,20	0,03	0,03	0,14	163,00	10,00	182,00	23,00	560,00	360,00	10,44
Circón 070	790,00	478,00	0,61	0,93	0,45	0,02	0,01	0,00	0,49	1,14	0,40	22,60	9,30	5400,00	1000,00	94,96
Circón 071	474,00	357,00	0,75	0,05	0,00	0,20	0,02	0,03	0,04	167,70	6,30	181,00	17,00	310,00	200,00	6,30
Circón 072	289,00	316,00	1,09	0,06	0,01	0,24	0,03	0,03	0,12	179,20	9,10	215,00	23,00	620,00	220,00	16,65
JGB-390																
Circón 001	59,60	70,60	1,18	-0,01	0,02	-0,06	0,06	0,02	0,24	151,40	9,00	-42,00	66,00	245,00	29,00	460,48
Circón 002	174,20	154,80	0,89	0,06	0,02	0,20	0,04	0,03	0,18	172,50	7,10	182,00	37,00	890,00	360,00	7,10

	U ppm	Th ppm	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁸ Pb ±2σ abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ±2σ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±2σ abs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th ±2σ abs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th ±2σ abs	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁸ Pb ±2σ	Best age (Ma)	±2σ	Disc %				
Circón 003	166,30	205,30	1,23	0,06	0,02	0,23	0,05	0,03	0,00	0,17	179,90	6,70	206,00	43,00	860,00	300,00	179,90	6,70	12,67
Circón 004	89,70	82,00	0,91	0,06	0,02	0,25	0,08	0,03	0,00	0,16	180,10	8,70	243,00	73,00	1040,00	320,00	180,10	8,70	25,88
Circón 005	84,90	72,40	0,85	0,06	0,02	0,23	0,07	0,03	0,00	0,17	177,50	8,40	234,00	57,00	1120,00	230,00	177,50	8,40	24,15
Circón 006	61,80	61,10	0,99	0,09	0,02	0,36	0,07	0,03	0,00	0,15	175,20	8,60	322,00	55,00	1760,00	240,00	175,20	8,60	45,59
Circón 007	122,90	149,00	1,21	0,08	0,01	0,31	0,06	0,03	0,00	0,25	177,70	8,40	280,00	42,00	1290,00	130,00	177,70	8,40	36,54
Circón 008	66,12	52,54	0,79	0,07	0,02	0,26	0,09	0,03	0,00	0,17	174,40	9,30	234,00	71,00	1580,00	260,00	174,40	9,30	25,47
Circón 009	157,00	196,00	1,25	0,05	0,01	0,19	0,03	0,03	0,00	0,09	173,10	6,30	171,00	27,00	470,00	130,00	173,10	6,30	-1,23
Circón 010	186,60	97,90	0,52	0,06	0,01	0,23	0,03	0,03	0,00	0,16	169,00	7,00	208,00	28,00	810,00	230,00	169,00	7,00	18,75
Circón 011	89,70	81,30	0,91	0,21	0,03	1,13	0,13	0,04	0,00	0,18	250,00	11,00	763,00	64,00	2950,00	120,00	2950,00	120,00	67,23
Circón 012	55,00	49,60	0,90	0,05	0,02	0,19	0,08	0,03	0,00	0,13	173,00	9,60	157,00	67,00	1200,00	320,00	173,00	9,60	-10,19
Circón 013	102,40	133,10	1,30	0,08	0,01	0,33	0,05	0,03	0,00	0,26	187,20	6,80	289,00	37,00	1230,00	180,00	187,20	6,80	35,22
Circón 014	157,70	200,50	1,27	0,06	0,01	0,22	0,04	0,03	0,00	0,23	178,80	8,20	198,00	36,00	410,00	140,00	178,80	8,20	9,70
Circón 015	66,90	51,50	0,77	0,07	0,03	0,28	0,12	0,03	0,00	0,10	183,00	11,00	235,00	90,00	1180,00	550,00	183,00	11,00	22,13
Circón 016	108,20	135,00	1,25	0,04	0,02	0,14	0,06	0,03	0,00	0,12	167,00	8,10	130,00	51,00	680,00	410,00	167,00	8,10	-28,46
Circón 017	83,00	110,00	1,33	0,05	0,01	0,19	0,05	0,03	0,00	0,21	168,10	8,00	176,00	37,00	650,00	270,00	168,10	8,00	4,49
Circón 018	96,50	83,90	0,87	0,09	0,01	0,33	0,04	0,03	0,00	0,33	178,70	7,50	289,00	32,00	1350,00	160,00	178,70	7,50	38,17
Circón 019	280,50	411,00	1,47	0,05	0,02	0,20	0,07	0,03	0,00	0,10	181,70	6,50	180,00	57,00	450,00	360,00	181,70	6,50	-0,94
Circón 020	765,00	1727,00	2,26	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,40	165,20	4,60	173,00	17,00	288,00	96,00	165,20	4,60	4,51
Circón 021	140,30	108,50	0,77	0,07	0,01	0,26	0,04	0,03	0,00	0,29	181,90	8,20	233,00	33,00	930,00	210,00	181,90	8,20	21,93
Circón 022	67,00	54,60	0,81	0,10	0,02	0,41	0,08	0,03	0,00	0,68	184,50	7,40	339,00	56,00	1780,00	230,00	184,50	7,40	45,58
Circón 023	78,04	112,30	1,44	0,05	0,01	0,19	0,05	0,03	0,00	0,15	179,50	7,40	174,00	43,00	860,00	340,00	179,50	7,40	-3,16
Circón 024	87,50	77,40	0,88	0,06	0,02	0,22	0,06	0,03	0,00	0,23	177,00	11,00	199,00	47,00	1030,00	340,00	177,00	11,00	11,06
Circón 025	93,50	125,80	1,35	0,13	0,02	0,53	0,09	0,03	0,00	0,25	175,30	7,80	426,00	62,00	2200,00	180,00	2200,00	180,00	58,85
Circón 026	72,70	63,50	0,87	0,07	0,02	0,24	0,08	0,03	0,00	0,17	164,10	9,20	229,00	68,00	1040,00	280,00	164,10	9,20	28,34
Circón 027	220,00	441,00	2,00	0,06	0,01	0,22	0,03	0,03	0,00	0,26	167,80	6,10	201,00	27,00	760,00	180,00	167,80	6,10	16,52
Circón 028	381,50	726,00	1,90	0,06	0,01	0,24	0,03	0,03	0,00	0,30	188,80	6,50	220,00	22,00	560,00	130,00	188,80	6,50	14,18
Circón 029	763,00	1100,00	1,44	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,03	164,60	5,00	168,00	13,00	290,00	100,00	164,60	5,00	2,02
Circón 030	47,50	44,19	0,93	0,05	0,02	0,17	0,08	0,03	0,00	0,12	163,60	9,10	154,00	67,00	1290,00	490,00	163,60	9,10	-6,23
Circón 031	58,04	55,11	0,95	0,07	0,04	0,27	0,12	0,03	0,00	0,21	173,00	15,00	232,00	92,00	1150,00	330,00	173,00	15,00	25,43
Circón 032	101,50	139,10	1,37	0,06	0,02	0,22	0,06	0,03	0,00	0,07	168,30	9,60	196,00	47,00	790,00	210,00	168,30	9,60	14,13
Circón 033	107,80	99,80	0,93	0,06	0,02	0,21	0,05	0,03	0,00	0,15	166,90	6,40	187,00	45,00	1010,00	240,00	166,90	6,40	10,75
Circón 034	64,90	52,78	0,81	0,06	0,02	0,20	0,05	0,03	0,00	0,22	170,70	8,80	180,00	41,00	820,00	210,00	170,70	8,80	5,17
Circón 035	146,00	134,00	0,92	0,05	0,01	0,18	0,03	0,03	0,00	0,27	168,90	7,80	168,00	26,00	560,00	220,00	168,90	7,80	-0,54
GFR-6652																			
Circón 036	47,20	40,70	0,86	0,09	0,01	0,36	0,05	0,03	0,00	0,14	178,00	5,30	312,00	35,00	1570,00	110,00	178,00	5,30	42,95
Circón 037	84,20	68,40	0,81	0,06	0,01	0,24	0,03	0,03	0,00	0,18	173,50	4,20	216,00	26,00	890,00	170,00	173,50	4,20	19,88
Circón 038	492,00	823,00	1,67	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,18	162,60	3,50	167,30	9,50	313,00	75,00	162,60	3,50	2,81
Circón 039	130,90	127,70	0,98	0,07	0,01	0,24	0,02	0,03	0,00	0,03	172,00	4,40	219,00	18,00	830,00	110,00	172,00	4,40	21,46
Circón 040	302,00	418,00	1,38	0,05	0,00	0,20	0,01	0,03	0,00	0,43	173,60	3,30	184,00	12,00	407,00	79,00	173,60	3,30	5,65
Circón 041	437,00	502,00	1,15	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,15	167,10	2,70	173,60	9,50	308,00	49,00	167,10	2,70	3,74

	U ppm	Th ppm	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁸ Pb	$\pm 2\sigma$ abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	$\pm 2\sigma$ abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	$\pm 2\sigma$ abs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	$\pm 2\sigma$ abs	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	$\pm 2\sigma$	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	$\pm 2\sigma$	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	$\pm 2\sigma$	Best age (Ma)	$\pm 2\sigma$	Disc %
Circón 042	198,00	165,00	0,83	0,07	0,03	0,26	0,20	0,03	0,00	0,01	0,01	0,07	175,60	9,00	234,00	75,00	980,00	320,00	175,60	9,00	24,96
Circón 043	71,30	88,50	1,24	0,07	0,01	0,23	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,24	174,00	5,90	209,00	28,00	940,00	160,00	174,00	5,90	16,75
Circón 044	255,80	200,90	0,79	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,31	168,20	3,60	171,00	11,00	380,00	96,00	168,20	3,60	1,64
Circón 045	134,00	147,00	1,10	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,17	174,80	3,20	193,00	19,00	600,00	150,00	174,80	3,20	9,43
Circón 046	332,00	478,00	1,44	0,07	0,00	0,25	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,72	169,90	3,20	223,00	15,00	811,00	83,00	169,90	3,20	23,81
Circón 047	286,00	230,00	0,80	0,05	0,01	0,21	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,12	172,50	4,20	189,00	32,00	440,00	230,00	172,50	4,20	8,73
Circón 048	420,00	432,30	1,03	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,22	171,30	2,90	177,00	10,00	433,00	62,00	171,30	2,90	3,22
Circón 049	326,00	248,50	0,76	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,57	170,30	2,50	177,00	10,00	362,00	62,00	170,30	2,50	3,79
Circón 050	191,00	178,70	0,94	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,13	167,90	3,30	177,00	11,00	540,00	100,00	167,90	3,30	5,14
Circón 051	114,20	127,20	1,11	0,08	0,01	0,31	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,34	172,10	5,70	274,00	24,00	1270,00	130,00	172,10	5,70	37,19
Circón 052	204,00	173,00	0,85	0,06	0,01	0,23	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,27	175,40	2,90	206,00	14,00	610,00	100,00	175,40	2,90	14,85
Circón 053	85,20	132,00	1,55	0,07	0,01	0,23	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,20	170,80	5,50	213,00	30,00	870,00	150,00	170,80	5,50	19,81
Circón 054	148,30	141,40	0,95	0,06	0,01	0,22	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,32	174,40	4,20	207,00	14,00	670,00	110,00	174,40	4,20	15,75
Circón 055	309,00	319,00	1,03	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,02	171,70	2,60	175,00	11,00	374,00	71,00	171,70	2,60	1,89
Circón 056	334,00	336,00	1,01	0,06	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,17	170,40	3,40	190,00	15,00	633,00	92,00	170,40	3,40	10,32
Circón 057	156,50	164,60	1,05	0,06	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,26	171,10	2,80	192,00	15,00	523,00	87,00	171,10	2,80	10,89
Circón 058	185,90	149,00	0,80	0,05	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,22	174,70	3,50	189,00	15,00	420,00	110,00	174,70	3,50	7,57
Circón 059	870,00	1600,00	1,84	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,13	171,70	2,50	180,00	5,20	329,00	44,00	171,70	2,50	4,61
Circón 060	157,00	156,00	0,99	0,06	0,00	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,27	170,70	4,50	192,00	17,00	610,00	100,00	170,70	4,50	11,09
Circón 061	211,00	309,00	1,46	0,06	0,00	0,23	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,30	173,40	3,40	206,00	12,00	538,00	92,00	173,40	3,40	15,83
Circón 062	341,00	634,00	1,86	0,05	0,00	0,20	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,26	167,40	2,50	180,50	8,80	430,00	88,00	167,40	2,50	7,26
Circón 063	113,70	87,00	0,77	0,06	0,01	0,23	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,28	167,70	4,60	205,00	19,00	790,00	120,00	167,70	4,60	18,20
Circón 064	142,40	120,20	0,84	0,05	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,26	173,70	4,50	189,00	18,00	590,00	110,00	173,70	4,50	8,10
Circón 065	528,00	886,00	1,68	0,06	0,01	0,20	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	0,68	158,90	4,20	183,00	21,00	530,00	140,00	158,90	4,20	13,17
Circón 066	133,70	115,20	0,86	0,07	0,01	0,28	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,22	175,10	3,60	247,00	21,00	1050,00	100,00	175,10	3,60	29,11
Circón 067	218,00	186,00	0,85	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,17	175,80	3,10	186,00	17,00	570,00	120,00	175,80	3,10	5,48
Circón 068	256,00	308,00	1,20	0,06	0,00	0,21	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,28	165,10	2,90	196,30	9,70	651,00	97,00	165,10	2,90	15,89
Circón 069	51,06	46,80	0,92	0,09	0,03	0,37	0,31	0,03	0,00	0,02	0,01	0,68	178,00	17,00	320,00	120,00	1570,00	310,00	178,00	17,00	44,38
Circón 070	293,00	288,00	0,98	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,24	173,50	2,80	177,00	11,00	319,00	83,00	173,50	2,80	1,98

Anexo 2

Análisis isotópicos de elementos traza en circon

Circon	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
MIA-478																					
Crn. 038	-300	13	1866	13,7	0,187	112,3	0,383	4,69	8,8	2,7	42,3	14,54	160,3	58,2	264	563	120	14700	0,2975	1803	1636
Crn. 039	180	10	991	5,79	4,4	60,6	1,8	6,5	4,9	1,89	20,5	6,82	81,3	30,5	152,5	334	70,6	13490	0,2575	475	571
Crn. 040	220	38	9100	12,06	0,39	429	2,89	41,3	62,7	20,7	272	79,1	862	305	1361	2570	491	10210	22	1804	782
Crn. 041	-280	50	2960	16,7	0,133	263,4	0,4	6,2	13,1	4,29	61,2	19,3	239	96,3	476	1091	224,8	14570	20,525	1565	791
Crn. 042	-400	5	1250	5,1	0,17	107,2	0,163	2,19	4,6	1,49	26,6	7,98	101,5	38,8	198	415	89,6	7160	7,975	502,6	249,2
Crn. 043	2060	13	2490	12,2	46	287	12,4	53	19,5	4,97	62,3	18,4	210	81	375	793	157	12420	14,775	1440	479
Crn. 044	240	-13	1881	2,75	0,087	80,9	0,401	5	9	3,81	43,7	15	176	65,9	303	595	122,3	9390	2,6175	113,5	87,2
Crn. 045	100	22	3470	13,3	0,47	313	0,92	12,5	22,8	7,5	115	33,1	357	126	538	970	177	12060	10,45	1320	388
Crn. 046	300	55	2240	3,75	0,072	75,4	0,52	7,3	13,7	4,8	61,2	18,8	206	79,1	363	753	154,3	7100	6,1625	257,1	183,2
Crn. 047	960	-3	2120	18,4	0,067	107	0,2	1,79	3,45	0,62	20,5	8,6	126	59,9	352	1020	224	15980	13,35	361	491
Crn. 048	5700	60	3240	8,9	26	168	4	20,3	16,3	3,68	81,8	26,3	300	112,1	509	1020	204,3	13600	22,9	1570	841
Crn. 049	-110	39	1200	7,9	0,055	55,7	0,139	1,35	3,19	0,4	10,8	3,8	58	31,7	197	657	167,4	15030	12,375	302	424
Crn. 050	-900	99	1078	4,99	-1,4104E-06	69,7	0,12	1,48	3,3	0,72	15,3	5,57	79,4	33,3	170,3	397	89,8	10040	8,875	280	237,4
Crn. 051	-2500	28	1252	5,42	-1,35127E-06	87	0,084	1,96	4	1,14	20,6	6,85	90,3	39,7	201,9	479	105,5	9170	7,425	294,3	243,4
Crn. 052	100	7	1701	15,1	0,053	92,3	0,07	1,96	3,15	0,47	16,2	6,88	96,3	46,6	277	760	174,9	12480	15,975	419	493
Crn. 054	-500	35	4480	17,8	0,028	328	0,52	9,5	15,6	4,27	80,7	28,7	345	141,2	684	1472	311,3	9220	20,825	1425	669
Crn. 055	6400	16	2340	13,9	31	280	6,8	27	11,8	2,22	44,7	13,8	171	70	361	900	189	15010	20,625	1240	734
Crn. 056	4300	2	1000	3,52	0,12	23,8	0,24	2,15	4,8	1,69	21,4	6,8	82	32,9	158	405	89	13930	-0,0725	266	510
Crn. 057	3700	55	1170	9,1	0,62	71	0,113	0,99	2,56	0,46	11,8	4,7	65	31,5	193	593	142	11700	10,7	323	389
Crn. 058	2000	40	1180	7,9	0,028	26,6	0,066	1,55	3,03	0,82	18,9	6,91	95	38,8	188	441	94,8	11950	0,4075	225	660
Crn. 059	6800	26	3210	7,09	0,121	247	0,91	16,7	21,8	9,2	110	31,6	336	120	508	893	176	6400	7,55	784	247
Crn. 060	-20000	-13	1863	6,57	0,064	157,3	0,202	3,7	5,9	1,77	34	11,34	140,7	59,2	306	687	149,2	10790	8,275	449,3	301
Crn. 061	-26000	3	529	3,1	0,11	24,9	0,033	1,02	0,86	0,3	4,2	1,6	24	11,8	83	309	82	6830	7,125	174	252
Crn. 062	-1000	28	3390	7,3	0,192	153	0,52	9,5	14,1	6,4	82	24,8	289	111	521	1070	220	9960	8,925	570	322
Crn. 063	500	45	1200	5,69	0,51	57,5	0,27	3,28	5,6	2,05	27,1	8,3	97	35,9	167	366	81,9	11440	0,195	560	640
Crn. 064	-400	18	2390	21,7	0,38	135	0,201	2,01	3,62	0,8	23,5	9,18	140	66	384	1050	235	15620	17,55	523	638
Crn. 065	600	36	1040	3,58	-8,7892E-07	27,6	0,057	1,78	2,5	1,18	16,9	5,57	73	31,7	161	413	90,8	14930	0,955	131	366
Crn. 066	-67000	-4	1320	3,85	260	600	56	270	42	6,3	53	11,4	123	42,9	206	401	85,3	10430	3,975	190	136
Crn. 067	-700	54	1463	10,5	0,052	112,4	0,206	2,24	4,22	1,15	20,3	6,93	95,1	42,2	231	612	138,3	12120	15,1	637	485
Crn. 068	300	24	1030	7,11	0,17	64,1	0,088	1,63	1,4	0,25	8,6	3,82	51,3	26,1	160	551	140,6	13060	10,525	313	425
Crn. 069	-700	-25	2420	11,1	0,14	216	0,28	4,4	12,3	3,03	52,1	16,1	191	77	365	786	158	13120	10,65	990	417
Crn. 070	-400	61	1450	9,5	0,166	68	0,246	2,88	4,72	1,5	27	8,7	108	43,5	217	542	114	15200	0,125	478	790
Crn. 071	0	61	1850	14,9	0,107	93	0,097	1,46	2,26	0,62	18	6,85	103	50,8	307	911	209	15250	13,4	357	474
Crn. 072	-3000	52	1910	7,9	34	182	7	29	9,9	2,25	36,3	10,2	137	59,4	320	798	170	12410	8,4	316	289
JGB-390																					
Crn. 001	-90000	35	1076	1,04	0,023	19,86	0,276	3,52	6	1,76	29,4	8,21	101,8	37,4	164	326	68,1	10820	1,3825	70,6	59,6
Crn. 002	-51000	-1	1217	6,12	0,094	53,8	0,105	1,5	3,4	1,02	19,5	8,02	99,8	40,7	200,1	438,4	98,6	9230	5,385	154,8	174,2

Circón	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
Crn.003	-490000	8	2440	3,24	0,044	54	0,326	6,4	12,7	4,53	54	18	210,8	81,3	378	806	168,5	9840	4,5925	205,3	166,3
Crn.004	109000	37	1009	2,14	0,047	25,8	0,127	3,2	4,22	1,1	23,3	6,82	80,8	32,5	156,8	352	73,2	11060	2,4575	82	89,7
Crn.005	-7200	44	802	2,11	0,035	26,3	0,094	1,61	2,99	0,78	15,7	5,3	64,9	26,6	124,8	275	58	14450	2,24	72,4	84,9
Crn.006	-4000	16	915	1,5	0,033	18,4	0,094	2,17	3,5	1,38	18,1	5,88	72	29,6	140	325	72,8	9820	1,835	61,1	61,8
Crn.007	7300	30	1600	1,98	0,164	30	0,292	6,21	7,54	2,44	37,3	12,26	142,8	53,4	252	506	103,3	12580	3,375	149	122,9
Crn.008	4100	20	894	1,46	0,05	16,35	0,159	2,64	3,16	1,22	14,3	4,86	64,8	27,14	145,3	373,5	87,9	9360	1,9075	52,54	66,12
Crn.009	-3200	13	1100	2,98	0,045	43,7	0,152	2,39	4,17	1,58	21,8	7,54	89,2	36,1	171	387	81,8	11230	4,35	196	157
Crn.010	-11600	13	967	3,23	0,171	22,9	0,098	1,21	1,7	0,4	14	5,21	76,5	33,2	165,3	386	83,2	10860	5,6675	97,9	186,6
Crn.011	1700	28	876	1,74	0,033	27,1	0,163	3,1	4,5	0,85	18,8	6,8	77,1	28,71	133,3	295	59,2	14000	3,375	81,3	89,7
Crn.012	2500	28	595	1,56	0,026	21	0,067	1,5	2,08	0,64	12	4,05	50,8	19,5	92,7	192	41,5	10980	1,6075	49,6	55
Crn.013	300	6	1534	2,18	0,069	31,8	0,202	3,92	6,94	2,28	33,7	11,05	134,4	51,8	242	502	105,4	11030	3,2475	133,1	102,4
Crn.014	-1600	17	871	2,28	0,35	42,4	0,176	2,83	3,22	0,93	18,5	5,73	77,5	30,2	140,5	288,8	60,5	10900	5,09	200,5	157,7
Crn.015	-900	41	557	1,28	0,029	17,97	0,081	1,04	2,32	0,66	10,8	3,65	44	18	84,1	198,1	43,1	11940	2,1575	51,5	66,9
Crn.016	1000	26	1643	1,38	0,2	28,3	0,47	7,7	10,1	2,55	42,6	13,36	144,6	56,4	253	459	97,4	12140	2,85	135	108,2
Crn.017	-100	6	699	1,96	0,047	26,9	0,055	1,59	2,61	0,69	14,8	4,85	60,7	23,12	108,2	230,9	49,7	10160	2,4775	110	83
Crn.018	8200	15	868	2,13	36	106	9,5	43	10,8	1,76	21,5	6,32	72,9	27,6	134,3	304	64,8	12880	2,7	83,9	96,5
Crn.019	200	-20	4160	5,1	1,4	140	1,1	14,9	29,2	8,62	126	37,8	419	150	653	1190	235	11460	8,5175	411	280,5
Crn.020	2200	63	4370	17,6	0,104	274	0,46	8,2	20,2	6,02	106,8	37,6	420	152,1	666	1204	233,4	13220	19,5	1727	765
Crn.021	800	5	877	3,92	0,32	40,5	0,085	1,29	2,21	0,53	14,7	5,41	70,1	29	144,6	335	71,1	13800	4,01	108,5	140,3
Crn.022	2100	14	850	1,42	0,126	18	0,097	2,45	4,48	1,28	19,7	6,24	72,7	27,2	131	292	59,5	10920	1,845	54,6	67
Crn.023	-470	-1	1342	1,07	0,062	23,6	0,271	5,28	9,6	2,59	39,5	11,92	129,3	45,42	204,9	373,8	78,5	10150	2,4175	112,3	78,04
Crn.024	-1500	-2	846	2,16	0,044	29,24	0,19	1,83	2,84	0,94	17,2	5,51	72,7	27,22	142	320	72,1	11310	2,5	77,4	87,5
Crn.025	400	24	1684	1,31	0,082	25,4	0,63	8,7	9,3	3,01	43,9	13,39	159,2	56,9	255,5	491	98,3	11390	2,475	125,8	93,5
Crn.026	-300	18	699	1,83	0,046	21,9	0,24	1,38	3,12	0,98	14,7	4,93	55,7	23,1	112,4	232,4	53,1	10480	2,12	63,5	72,7
Crn.027	-200	63	3820	3,3	0,144	65	0,75	13,2	24,4	6,93	114,3	34,5	362	125,9	552	991	200	10250	6,525	441	220
Crn.028	460	44	1860	8,3	0,51	110,7	0,175	3,97	6,7	1,62	40,2	13,08	156,5	60,2	276,6	551	109,9	14280	11,675	726	381,5
Crn.029	-1370	23	2040	14,3	0,034	152	0,144	2,3	5,2	1,19	32,5	10,92	135,6	60,2	320	837	189,4	16420	19,3	1100	763
Crn.030	100	18	694	1,38	0,06	18,07	0,145	1,17	2,66	0,87	16,4	4,62	60,6	22,1	105,7	221,7	48,8	11130	1,3625	44,19	47,5
Crn.031	1100	34	989	1,24	0,109	19,94	0,073	3	6,5	1,63	20,3	7,53	82,9	31,2	150,9	305,3	61,8	13050	1,5625	55,11	58,04
Crn.032	600	-3	1799	1,46	0,063	30,1	0,71	10,9	13,7	2,93	57,3	16,11	175,7	62,2	264	480	96,3	12720	2,71	139,1	101,5
Crn.033	-690	8	1178	2,56	0,065	37,6	0,115	1,67	3,97	1,71	23,3	7,8	95,5	39,3	191,9	407,4	90,1	10410	3,1125	99,8	107,8
Crn.034	-1140	11	977	1,47	0,034	19,3	0,177	1,65	2,98	1,15	16,8	6,12	77,7	31,04	159,4	365	82,3	9430	1,9775	52,78	64,9
Crn.035	-410	-15	915	3,54	-1,14782E-05	38,3	0,084	1,92	3,06	1,02	17,9	5,78	71	29,22	151,6	338,2	75,8	10290	4,4	134	146
GR-6652																					
Crn.036	130	35	707	1,65	0,128	21,6	0,149	2,24	2,71	0,95	15,5	5,06	60,1	22,9	108,8	241	49	12270	1,3475	40,7	47,2
Crn.037	-80	25	976	1,67	0,021	23,1	0,136	2,05	3,09	1,55	16,5	5,6	69,9	30,4	153	401	88,5	9710	2,4975	68,4	84,2
Crn.038	420	39	4500	7,12	9,1	117	4	28	29,2	4,45	126,5	38,3	418	154,4	661	1254	245,4	12100	13,925	823	492
Crn.039	90	34	1465	3,74	0,048	46,6	0,137	2,53	5,26	1,58	24,7	9,32	112,5	48,2	236	523	106,7	12130	3,7	127,7	130,9
Crn.040	120	43	3810	5,6	0,38	132	0,88	12,1	20,8	7,11	94	29,7	349	131	599	1190	226	12670	8,725	418	302
Crn.041	171	26	2140	9,77	0,028	110,5	0,098	3,01	6,6	1,53	39,8	13,7	171,2	69	333	728	145,2	17190	11,3	502	437

Circón	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
Crm.042	220	34	1637	4,01	0,13	54,9	0,169	3,29	5,69	1,24	33,6	12,24	145,7	55,7	258	563	106,7	17170	5,125	165	198
Crm.043	130	18	1382	1,14	0,081	22,5	0,41	6,2	9,3	2,04	37,5	11,3	127	46,1	203	384	77	9680	2,155	88,5	71,3
Crm.044	140	27	1350	6,93	5	69,2	1,78	8,9	5,12	0,87	24,8	8,89	110	44,5	216	483	99,6	14690	7,0925	200,9	255,8
Crm.045	180	43	1430	2,92	0,024	56,7	0,171	3,42	6,3	1,38	31,8	10,2	120	47,5	220	449	92,5	11520	4,0975	147	134
Crm.046	230	16	4580	8,4	0,28	177	0,95	14,6	23,5	5,65	119,5	40,4	447	162,7	697	1278	243	13710	8,325	478	332
Crm.047	380	11	1677	7,45	2,94	87	0,83	5,8	6,4	1,36	27,6	10,97	132,8	55,1	269	644	128,3	17230	7,475	230	286
Crm.048	40	38	2500	11,2	0,6	133,9	0,35	4,76	9,3	1,55	50,7	16,7	213	84,6	401	880	169,5	17900	10,8	432,3	420
Crm.049	10	7	2140	11,13	0,026	94,9	0,184	2,4	6,4	1,3	35,8	12,7	167,7	69	344	820	167,5	17370	8,475	248,5	326
Crm.050	-40	31	1301	4,77	0,072	67	0,122	3,2	4,2	0,78	24,8	8,16	109,4	42,3	202,8	447	92	12090	5,85	178,7	191
Crm.051	130	18	1623	1,48	0,169	26,3	0,32	6,25	10,1	4,43	41,8	11,98	142,1	52,2	241,5	536	114,2	9350	3,3625	127,2	114,2
Crm.052	-10	17	1580	6,5	0,09	73,4	0,134	2,65	5,7	0,89	27,8	10,14	127,8	52,2	244	553	114,2	14390	6	173	204
Crm.053	-40	20	3560	1,9	0,137	45,8	0,81	10,68	19,8	10,67	94,2	28,7	330	118,2	529	1101	226	10300	2,4125	132	85,2
Crm.054	790	3	1926	4,19	9,3	74,7	3	15,7	7,9	2,98	30,8	11,46	147,4	63,4	312	695	145,3	10770	4,295	141,4	148,3
Crm.055	110	16	1645	6,97	0,125	86,6	0,232	2,97	5,96	1,08	29,5	11,25	135,1	54,1	260	583	115,1	14810	8,85	319	309
Crm.056	290	26	2130	11,2	0,077	108,3	0,189	3,63	6,7	1,08	35,9	13,67	175,8	69,8	342	762	150,2	17270	8,75	336	334
Crm.057	170	7	1183	4,44	0,068	63,7	0,109	1,95	4,07	1,09	23,9	8,21	102,5	39,5	185,1	391	79,7	12290	4,6525	164,6	156,5
Crm.058	800	62	1253	6,43	24,4	106	6,5	30	6,7	1,13	22,5	7,85	98,5	40,8	207,4	481	102,2	12310	5,575	149	185,9
Crm.059	590	20	3280	17,1	2,1	202	0,82	9,3	13,6	2,93	71,9	24,2	291	111	510	1054	204	13410	24,725	1600	870
Crm.060	330	-5	1277	4,49	0,42	64,5	0,199	2,59	4,68	1,26	24,2	8,57	105,7	43,6	208	457	93,2	12730	4,425	156	157
Crm.061	410	-13	1210	3,85	0,056	58,7	0,158	4,7	5,8	1,21	30,1	10,2	115	43,4	189	372	73	8040	6,3	309	211
Crm.062	370	38	6600	7	0,147	216,8	2	31	50,9	16,49	211,6	63	682	231,6	979	1775	329,5	12880	8,95	634	341
Crm.063	120	24	1158	4,02	0,078	47,6	0,109	2,02	3,42	0,84	23	7,48	94,4	36,9	184,4	420	90,9	11920	3,3775	87	113,7
Crm.064	-70	0	1784	3,7	0,021	55,1	0,211	3,32	6,2	1,98	33,6	11,25	137,5	57,1	279	641	131,1	14080	3,9375	120,2	142,4
Crm.065	300	33	3040	8,16	1,29	131,6	0,69	6,56	12,2	3,16	65,8	22,14	268,2	102,4	472	1028	200,9	16990	13,225	886	528
Crm.066	-80	24	1327	4,43	0,078	55,9	0,126	1,83	4,2	1	24,4	8,12	108	43,4	212	460	96,3	12320	4,1175	115,2	133,7
Crm.067	120	6	1500	5,9	0,37	76,6	0,235	2,58	5,78	0,88	28,9	9,36	121	49,4	239	533	106	16270	6,125	186	218
Crm.068	230	34	1343	5,19	-8,18132E-06	61,2	0,152	1,99	4,75	0,85	26,2	9,11	108,7	44,3	209,4	474	91,3	18090	6,725	308	256
Crm.069	460	39	667	1,1	0,35	15,5	0,051	1,29	2,6	1,05	16,7	4,24	55,6	21,9	106,8	278	62,5	6040	1,705	46,8	51,06
Crm.070	100	8	978	5,09	-8,12448E-06	63,3	0,121	1,4	2,83	1,1	17,2	5,43	72,3	31,3	154,4	382	82,5	11620	9,1	288	293

Microfotografía de la roca
IGM-900745,
textura micrográfica.
Monzogranito de Altamira

