



Huila

# Monzogranito de Algeciras

» **Cordillera Oriental**  
**Departamento del Huila**

---

Gabriel Rodríguez, Gilberto Zapata,  
María Isabel Arango y José Gilberto Bermúdez

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Jurásico

Citación: Rodríguez, G., Zapata, G., Arango, M. I. y Bermúdez, J. G. (2022). Monzogranito de Algeciras. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.10>

Este catálogo es resultado del proyecto “Magmatismo Jurásico de Colombia”, que tiene por objeto mejorar la información geológica básica y el conocimiento sobre los eventos magmáticos jurásicos en el territorio nacional. Por tanto, desde 2014, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha adelantado este proyecto dentro del cual se han desarrollado actividades de compilación, control de campo, muestreo para petrografía, química mineral, geoquímica de roca total y geocronología U-Pb en circón. Para esto, se ha recurrido a la información tanto de las muestras aquí recolectadas como de los estudios anteriores y datos del SGC y de otros investigadores, ya publicados.

El Monzogranito de Algeciras es un batolito que aflora en el flanco occidental de la cordillera Oriental de Colombia y en el Valle Superior del Magdalena. El catálogo integra datos de campo y petrográficos de trabajos anteriores, y presenta nueva información petrográfica, litogeoquímica y geocronológica U-Pb para mejorar el conocimiento de este cuerpo intrusivo y del magmatismo de arco que ocurrió durante el Jurásico inferior y el Jurásico medio en este sector del Valle Superior del Magdalena.

### 1. Proponente del nombre

Paulina Ferreira, Alberto Núñez y Miguel Rodríguez, en Geología de la plancha 323 Neiva (1998).

### 2. Proveniencia del nombre y distribución geográfica

El Monzogranito de Algeciras toma su nombre del municipio de Algeciras, cuya cabecera municipal se localiza en la margen oriental del cuerpo. Aflora en las planchas 323 Neiva, 324 Tello, 345 Campoalegre y 367 Gigante, todas a escala 1:100.000 (figura 1). Se encuentra entre el flanco oeste de la cordillera Oriental, en la cuenca de Neiva, y al oriente está limitado por la falla de Algeciras. Se extiende por el norte desde el río Venados, en la plancha 324 Tello, hasta la quebrada Guandinosa, en la plancha 367 Gigante.

La composición petrográfica predominante es monzogranito con variaciones a granodioritas, granitos y cuarzomonzonitas. Es un cuerpo intrusivo que se extiende por 111 km de largo y 13 km como máxima amplitud, para conformar una geometría alargada en dirección NNE (Marquinez y Velandia, 2001), con un área aproximada de 470 km<sup>2</sup> (figura 1).

### 3. Reseña histórica

El nombre inicialmente propuesto para el Monzogranito de Algeciras fue *plutón de Hobo-Algeciras* (Radelli, 1962), ya que fue clasificado como un cuerpo ígneo porfiróide. Los trabajos posteriores de cartografía regional

realizados por el Ingeominas permitieron reconocer un cuerpo de dimensión batolítica que aflora a lo largo del flanco occidental de la cordillera Oriental, en el departamento del Huila. A este intrusivo, Morales *et al.* (1998), en la memoria de la plancha 345 Campoalegre, y Ferreira *et al.* (1998), en la memoria de la plancha 323 Neiva, propusieron denominarlo *Monzogranito de Algeciras*. También fue llamado *batolito de Algeciras* por Velandia *et al.* (1999). Ingeominas y Geoestudios (2000), en la plancha 367 Gigante, propusieron el nombre de *granito de Algeciras*.

Se denomina finalmente *Monzogranito de Algeciras*, teniendo en cuenta que la mayoría de rocas del cuerpo hacen parte de los monzogranitos en el triángulo de Streckeisen (1974); además, se conserva el nombre del sitio geográfico de la descripción original, conforme a las sugerencias de la International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC) (1987 y 1994).

### 4. Descripción geológica

El Monzogranito de Algeciras corresponde a un cuerpo litológicamente homogéneo con variaciones composicionales menores. Generalmente se encuentra meteorizado y desarrolla un saprolito arcillo-arenoso profundo de color blanco crema. Está constituido por granitoides faneríticos de grano medio, holocristalinos, en los que predomina la textura granular e inequigranular bimodal, de color gris con tonalidades rosadas. Este cuerpo es atravesado por diques aplíticos-riolíticos de color blan-

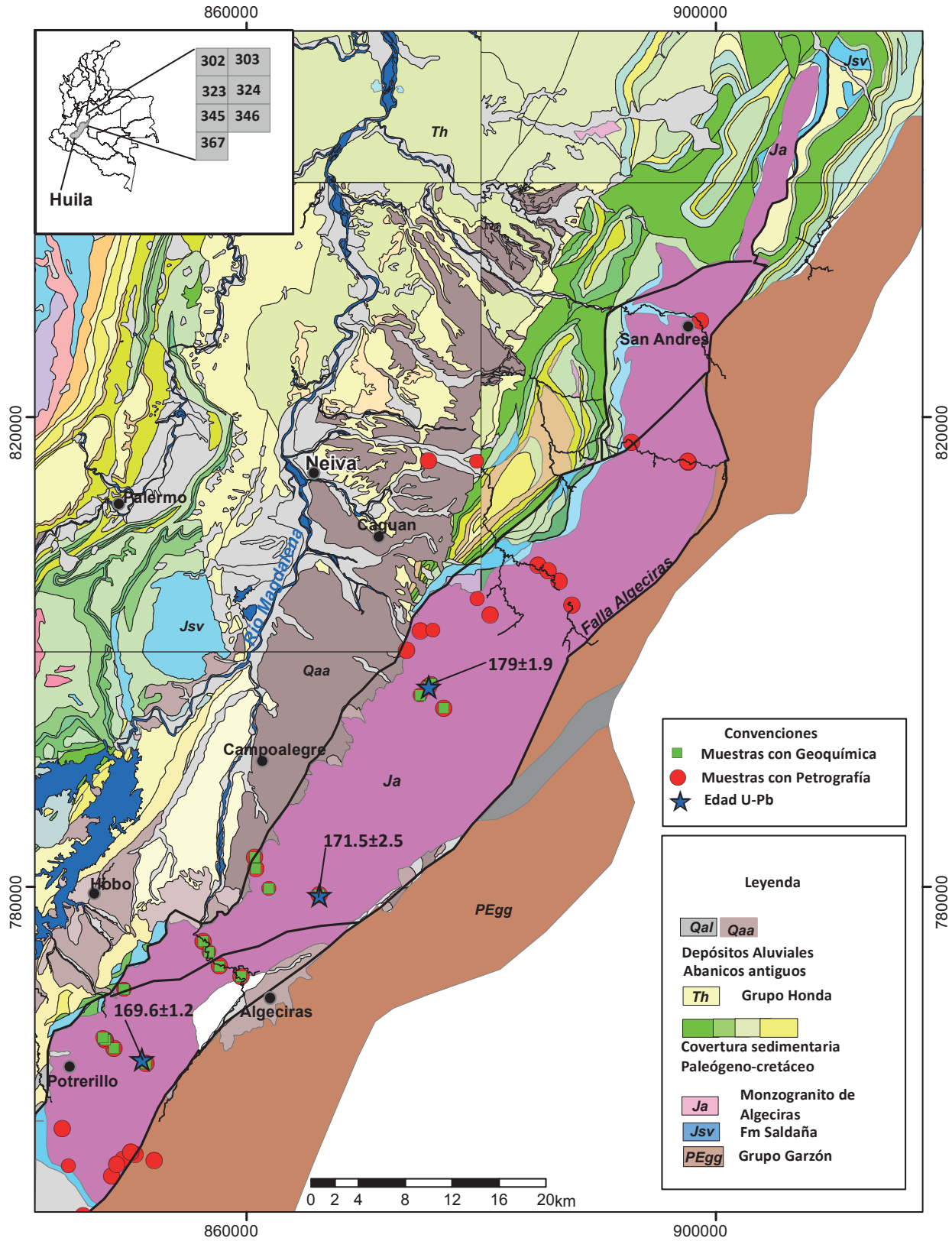


Figura 1. Localización del Monzogranito de Algeciras. Origen de coordenadas: Bogotá  
 Fuente: cartografía 1:100.000: Plancha 324 (Acosta y Osorno, 1999), Plancha 345 (Caicedo *et al.*, 2000) y plancha 367 (Ingeominas y Geoestudios, modificada por Rodríguez *et al.*, 2010).



co, diques microdioríticos y andesíticos de colores grises con tonalidades verdes y venas de cuarzo (figura 2). Son frecuentes los enclaves, xenolitos y techos colgantes de rocas granulíticas y neises migmatíticos del grupo Garzón, que sobresalen por estar menos alterados que la roca plutónica.

#### Monzogranitos, granodioritas, granitos y cuarzomonzonitas

De estos tipos de rocas se analizaron 34 secciones delgadas. El plutón está constituido principalmente por monzogranitos que pueden variar a granitos de feldespato alcalino, granodioritas y cuarzomonzonitas. En general, las rocas son faneríticas de grano medio y texturas alotriomorfas a subidiomorfas inequigranulares, de colores

blanco moteadas de negro, blanco y rosadas moteadas de negro (figura 3).

Los monzogranitos están constituidos predominantemente por cuarzo (19,7 a 30,8%), plagioclasa (24,7 a 37,8%), feldespato potásico (25,8 a 45,6%), biotita (0,6 a 6,8%) y hornblenda (hasta 12%). Como minerales accesorios se presentan opacos, circón, apatito, titanita, y en algunas rocas, clinopiroxeno y allanita. Las cuarzomonzonitas presentan valores menores al 20% de cuarzo. Los contenidos de plagioclasa y ortoclasa son similares a los de los monzogranitos y tienen los mismos minerales característicos y accesorios. De manera similar, las granodioritas tienen menores contenidos de feldespato alcalino (10 a 18%) (figura 4 y tabla 1). Los productos de alteración más frecuentes son sericita, clorita y epidota.



Figura 2. Diques intruyendo rocas del Monzogranito de Algeciras  
a) Dique de riolita. b) Dique de microdiorita.

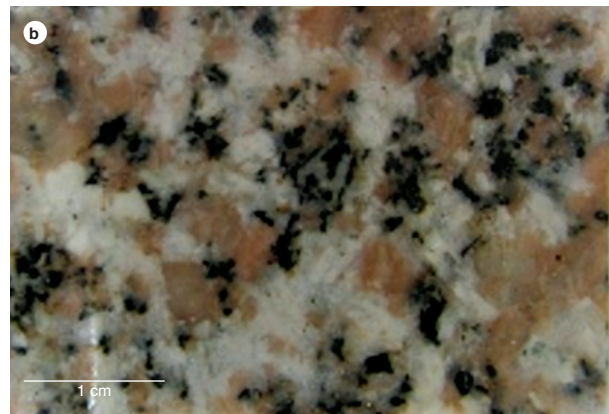
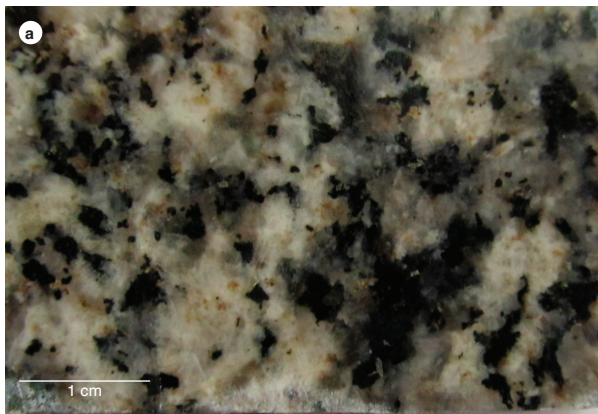


Figura 3. Aspecto macroscópico de las rocas del Monzogranito de Algeciras

1 alkali-feldspar syenite  
 2 monzodiorite monzogabbro  
 3 diorite, gabbro

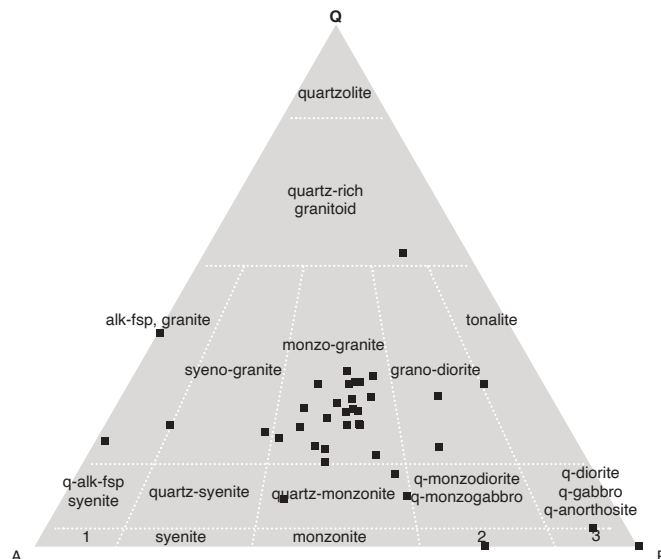


Figura 4. Clasificación modal de rocas del Monzogranito de Algeciras  
 Fuente: este trabajo y Streckeisen (1974).

Tabla 1. Composición modal del Monzogranito de Algeciras

IGM	X ( E )	Y ( N )	Qz	Pl	Kfs	Cpx	Hbl	Bt	Op	Ap	Zrn	Ttn	Ep	Otros	Clasificación
900699	876809	795215	13,0	50,3	32,0		0,5	1,7	1,5		Tr	1,0			Cuarzomonzodiorita
162429	874840	801800	17,8	34,8	41,2	2,8	0,8	1,8	0,2	0,3	0,1	0,2			Cuarzomonzonita
162444	880800	803160	15,1	41,5	30,0	1,4	2,5	4,8							Cuarzomonzonita
900703	875526	797035	7,0	43,0	25,3		15,2	6,3	1,9			1,3			Cuarzomonzonita
900704	848727	766206	17,8	36,9	40,7		0,1	2,0	1,9			0,6			Cuarzomonzonita
900706	847983	766926	8,0	32,6	47,6		8,0	1,7	1,6		Tr	0,5			Cuarzomonzonita
900697	851450	764930	18,8	56,5	23,2			1,5	TR	TR	TR	TR			Cuarzomonzodiorita
706085	850534	757226	0,1	65,0	0,0		30,0	5,0	TR			TR			Diorita
706099	846094	751940	23,0	35,0	30,0			8,0	2,0	TR	TR	2,0	TR		Granito
706111	844340	759367	25,0	38,0	35,0			0,5	1,5	TR	TR		TR	TR	Granito
50001467	898709	828194	28,8	35,8	24,7		2,8		0,8	0,3	0,1	2,0	0,3	0,1	Granito
R382	849529	756777	17,0	25,0	40,0		10,9	5,0	0,1		TR	2,0	TR		Granito
162428	873660	800150	38,5	0,6	56,0			1,4	0,7	0,2	0,2		2,6		Granito de Fk
706086	852152	756687	21,0	10,3	60,0		0,5	7,0	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	Granito de Fk
50001464	897659	816156	19,4	1,8	76,1			0,3	TR				0,3	2,1	Granito de Fk
50001466	875510	816294	27,5	29,3	26,0		5,3	8,8	2,0		0,3		0,8	0,3	Granito de Fk
706084	850139	757375	50,0	30,0	10,0			10,0	TR	TR	TR	TR			Granodiorita
706092	848529	755342	30,0	58,0	10,0			1,0	TR	TR	TR	1,0	TR		Granodiorita
706091	848941	756336	0,0	35,0	12,0		44,0	3,0	1,0	0,1	TR	4,9	TR		Monzodiorita
900691	860716	782496	30,8	37,8	30,1			0,6	0,1		TR			0,6	Monzogranito
900692	860824	781564	30,6	36,3	31,9			1,2	TR	TR	TR	TR			Monzogranito
900694	866205	779303	25,0	36,6	26,7		4,7	4,7	1,7	TR	TR	0,6			Monzogranito
900708	856324	775325	20,0	28,6	39,0	0,4	3,6	4,4	1,8	TR	TR	2,2			Monzogranito
900709	859538	772323	29,4	29,4	35,0	2,6		2,8	0,2	TR		0,6			Monzogranito
900711	857715	773237	21,5	29,7	25,8		6,5	6,0	1,2		1,0	4,0	3,5	0,8	Monzogranito
50001456	884836	807406	19,7	26,7	26,4	0,3	5,6	6,8	1,3	0,3	0,3	0,8		11,2	Monzogranito
50001458	886640	806026	23,5	27,9	37,7		3,8	4,6	1,1	0,8		0,6			Monzogranito
50001459	885707	806901	26,6	31,8	26,7		6,3	4,2	2,2			2,2			Monzogranito
50001460	887751	803957	19,7	24,7	45,6		1,8	5,0	0,9	0,3	TR	1,8	TR	0,3	Monzogranito
50001465	897588	816244	21,5	33,9	28,0		12,8	0,3	2,5	0,8	0,3				Monzogranito
50001471	892795	817836	12,4	30,3	33,2	2,2	11,3	6,0	1,6	TR	0,3	1,9		0,8	Monzonita

TR: contenido inferior a 0,1% del mineral. Abreviatura de los minerales según Whitney y Evans (2010).



La plagioclasa varía principalmente entre oligoclasa y andesina ( $An_{28}$  a  $An_{35}$ ), en cristales incoloros a levemente empolvados, de formas tabulares cortas, subhedrales a euhedrales, inequigranulares, con tamaño entre 0,25 y 4 mm, y relieve mayor al bálamo. Se encuentran maclas de albita, albita-Carlsbad y periclina. Algunos cristales presentan zonación normal, con el núcleo más cálcico que los bordes de los cristales. La plagioclasa se encuentra parcialmente alterada a sericita, saussurita y epidota. En algunos bordes, en el contacto con el feldespato potásico, desarrolla mirmequitas. Presenta inclusiones de biotita, cuarzo, hornblenda, opacos y apatito (figura 5).

El feldespato potásico es microclina, incolora a levemente empolvada por alteración a minerales de arci-

lla. En algunas rocas se encuentran cristales prismáticos alargados, anhedrales a subhedrales, de hasta 10 mm, pero en promedio, de 1 a 2 mm. Pueden presentar inclusiones poiquilíticas de plagioclasa y cuarzo a manera de gotas. El relieve del feldespato potásico se observa bajo ( $n < b$ ), con bordes irregulares a rectilíneos y color de interferencia gris de primer orden. Presenta desmezclas pertíticas en forma de parches y filoncillos. Pueden o no presentar maclas de Carlsbad y microclina.

El cuarzo se presenta en cristales incoloros, anhedrales, granulares, con tamaños menores de 1 mm. Los contactos entre cristales son irregulares, el relieve, moderadamente mayor al del bálamo ( $n > b$ ) y color de interferencia blanco del primer orden. El cuarzo se

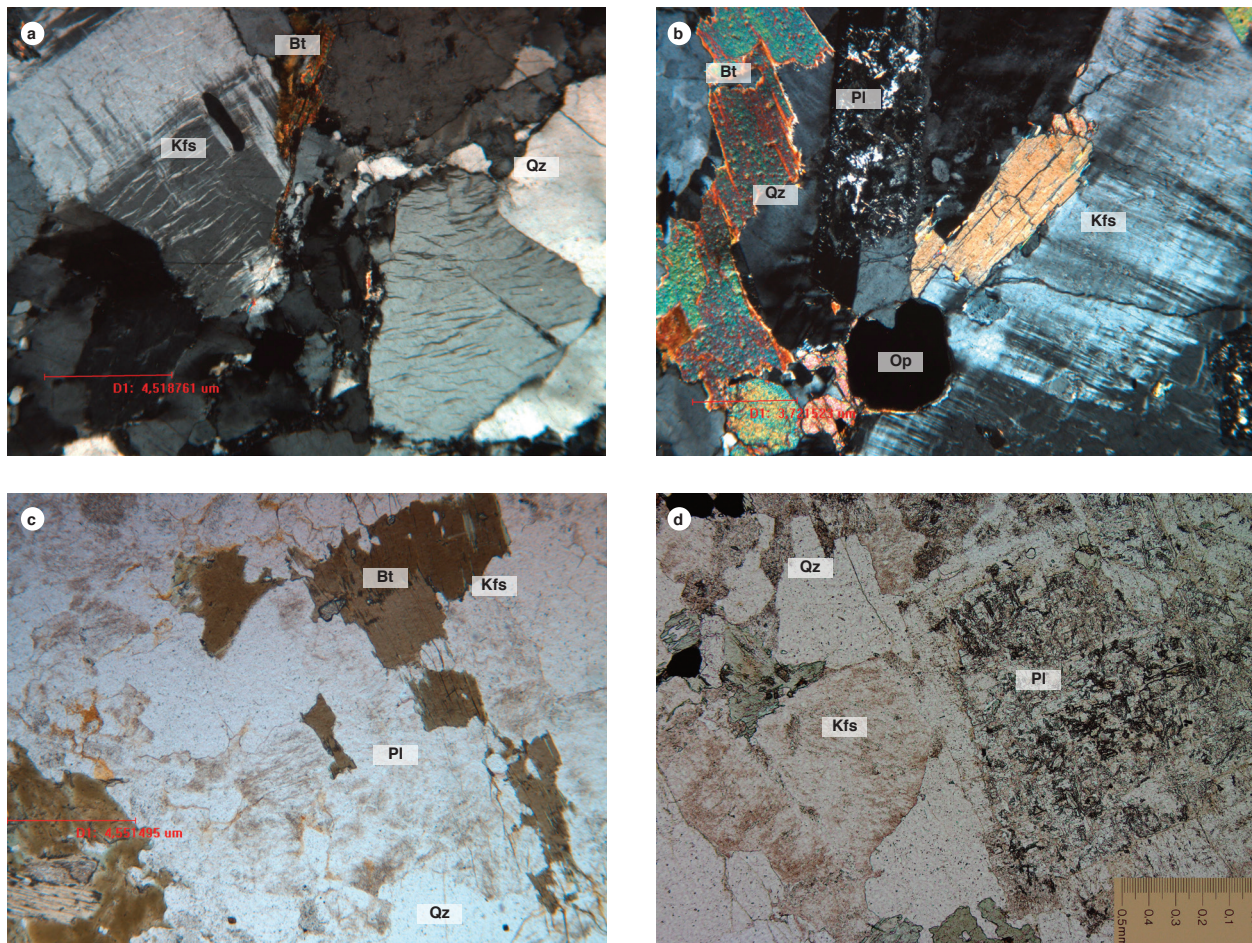


Figura 5. Aspecto microscópico del Monzogranito de Algeciras

a) IGM-900693, monzogranito. Cristales anhedrales inequigranulares de feldespato pertítico (Kfs), junto a cuarzo (Qz) y biotita (Bt) de menor tamaño. b) IGM-900694, monzogranito. Cristales inequigranulares de feldespato alcalino (Kfs) con macla de microclina, plagioclasa (Pl) cuarzo, (Qz) biotita (Bt), hornblenda (Hbl) y opacos (Op). c) IGM 900704, cuarzomonzonita. Textura hipidiomorfa inequigranular, roca conformada por feldespato potásico (Kfs), plagioclasa (Pl), cuarzo (Qz), biotita, titanita y opaco. d) IGM-900708, monzogranito. Feldespato potásico (Kfs) exhibiendo texturas pertíticas; plagioclasa (Pl) zonada alterándose a sericita; cuarzo (Qz) limpio.

encuentra formando agrupaciones de cristales policristalinos con extinción ondulatoria. Tiene inclusiones de polvo, opacos, feldespato alcalino y circón.

La biotita se encuentra en láminas anhedrales a subhedrales levemente dobladas, inequigranulares, de tamaño menor a 1,2 mm, de color pardo verdoso con pleocroísmo pardo, relieve moderado ( $n > b$ ), exfoliación en una dirección y bordes fibrosos irregulares. La biotita está parcialmente alterada a clorita y epidota, presenta inclusiones de cuarzo, apatito, titanita, circón y opacos. Se observa color de interferencia del segundo orden, con extinción paralela incompleta.

La hornblenda aparece en cristales anhedrales a subhedrales, inequigranulares. Es de color verde, con pleocroísmo pardo verdoso. Puede tener maclas dobles y polisintéticas, relieve alto, color de interferencia amarillo a rojo del primer orden, ángulo de extinción  $13^\circ$  a  $15^\circ$ . La hornblenda muestra inclusiones de opacos, cuarzo, biotita y titanita. Se observa parcialmente alterada a clorita y epidota. Algunos cristales muestran uralitización definida por hábito fibroso. Este mineral no está presente en todas las rocas.

Los minerales opacos se encuentran como cristales individuales diseminados, o en agregados asociados a titanita y apatito, como inclusión o bordeando titanita, hornblenda, biotita y clorita. A veces se encuentra formando textura coronítica. Forman cristales anhedrales a subhedrales inequigranulares con tamaños que van desde polvo hasta 0,5 mm.

La titanita es de color pardo claro, de aspecto terroso, en forma de cristales rómbicos anhedrales a euhedrales, inequigranulares, con tamaño menor de 0,5 mm.

Su relieve es muy alto, con exfoliación en una dirección, birrefringencia del tercer orden y ensombrecida por el color del mineral, con extinción paralela incompleta. La titanita se encuentra asociada con biotita y con minerales opacos. Los agregados cristalinos de menor tamaño rodean los opacos formando una textura coronítica in-cipiente.

El circón es incoloro, con relieve muy alto, de hábito prismático, birrefringencia alta del tercer orden y tamaño menor de 0,04 mm. Se encuentra como inclusión en biotita y titanita, con halo pleocroico.

El apatito se presenta en cristales individuales, incoloros, euhedrales, con relieve alto, birrefringencia gris del primer orden y extinción paralela. Aparece como inclusiones en plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico.

La epidota se encuentra como cristales de color pardo claro, con pleocroísmo débil y agregados finocristalinos de aspecto terroso. Se observa como cristales anhedrales, con colores de interferencia de segundo al tercer orden. Aparece como alteración de plagioclasa o en venas asociada a carbonatos.

### Rocas de dique

Los diques que atraviesan el Monzogranito de Algeciras se clasifican petrográficamente como andesitas, dacitas, riolitas, microdioritas, microcuarzodioritas y monzogranitos aplíticos (tabla 2). Predominan las andesitas, dacitas y riolitas con texturas porfídicas y matriz microcristalina, al igual que las microdioritas y cuarzodioritas con texturas hipidiomorfias intergranulares a ofíticas. Igualmente se encuentran monzogranitos con texturas aplíticas finas.

Tabla 2. Clasificación petrográfica de rocas de dique que atraviesan el Monzogranito de Algeciras

IGM	X (E)	Y (N)	Qz	Pl	Kfs	Cpx	Hbl	Bt	Op	Ap	Zr	Ttn	Ep	Matriz	Otros	Clasificación
900707	847983	766926		13,0			13,0					Tr		73,8	1,2	Andesita porfídica
162430	875880	801870	5,0	60,0	19,0	3,0			5,0		1,0		1,0		4,5	Andesita
900710	856797	774472	2,0	51,0				34,0	6,0	2,0	1,0	3,0	1,0		1,0	Andesita
162445	879640	804520	1,0	86,0			7,0		2,0	TR	TR		3,0			Dacita
50001436	879635	816202	4,6	1,1		2,0	TR		TR	TR			TR	75,6	12,5	Dacita
900702	875740	797262	2,0	73,0	1,0		17,0	3,0	3,0	TR	TR	2,0				Diorita
900701	875740	797262	3,0	40,0			48,0	8,0	0,0			1,0			0,1	Diorita
900695	849565	771232	6,0	7,0	12,0				TR		TR			75,8		Fenorriolita
900696	849565	771232	4,0	65,0				6,0	TR			1,0				Microcuarzodiorita
R482A	844818	756225	8,0	57,0	4,0		29,0		2,0	TR		1,0				Microdiorita
900705	847751	767152	11,0	9,0	8,0			1,0	0,0					72,0		Riolita porfídica
900693	861907	779863	24,3	36,4	39,3			TR	TR		TR	TR				Monzogranito
900700	874791	796309	28,3	51,7	18,5			1,5				TR				Microgabro

Tabla 3. Muestras de xenolitos y cuerpos metamorfos incluidos dentro del Monzogranito de Algeciras

IGM	X (E)	Y (N)	Xenolitos metamorfos													Clasificación		
			Qz	Pl	Kfs	Px	Hbl	Bt	Cl	Op	Ap	Zrn	Tnt	Ep	Ru			
50001470	896644	811890	45,4		49,4		1,3	2,6	1,0	0,2		0,1						Granofels de Qz, Kfs, Bt
50001469	896644	811890	33,0		64,8	TR	1,3	0,3	0,3	0,3	0,2			TR	TR			Granulita
162428	873660	800150	23,0	8	69,0			TR		TR		TR						Granofels de Kfs, Qz, Pl,
162449	876700	804440	43,0	37,0	20,0			0,2				TR						Granofels de Qz, Pl, Kfs
50001437	896137	810908	5,0	49,6	5,9	38,0				1,8	TR	TR	TR	0,2				Granofels de Pl, Cpx

## Xenolitos

Corresponden a bloques metamorfos embebidos dentro de la roca granitoide del Monzogranito de Algeciras. Se presentan como cuerpos medianos (<1 km<sup>2</sup>) y techos colgantes de rocas metamorfos del grupo Garzón. Aparecen dispersos dentro del plutón o hacia los bordes de contacto, tanto en la margen occidental como en la oriental del intrusivo.

Los xenolitos se clasificaron como granofels cuarzo feldespático, granofels de Pl-Cpx y granulita (tabla 3). En general, las rocas tienen textura granoblástica y son comunes los intercrecimientos simplectíticos mirmequíticos y las desmezclas peritéticas de tipo *string*, *stringlet* y *boat*. Algunos xenolitos muestran efectos de metamorfismo térmico con recristalización parcial de los minerales a mosaicos microcristalinos granulares.

### 4.1. Litogeoquímica

La caracterización litogeoquímica del Monzogranito de Algeciras se realizó a partir de once análisis en rocas de la litología predominante del batolito y en nueve muestras de diques que atraviesan los granitoides, incluido el análisis petrográfico. Los análisis químicos se hicieron en el Laboratorio del Servicio Geológico Colombiano, sede Bogotá. Con los óxidos mayores se utilizó el método de fluorescencia de rayos X, y con elementos traza y tierras raras se utilizó el equipo de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) y fluorescencia de rayos X. Para la interpretación de los óxidos mayores se hizo el recálculo, teniendo en cuenta los valores de LOI (perdidas por ignición). Los resultados de óxidos mayores se muestran en la tabla 4.

### Óxidos mayores

Los valores de SiO<sub>2</sub> en rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras varían entre 65,13 y 79,3%. Los valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y CaO disminuyen con el aumento de SiO<sub>2</sub>. El Na<sub>2</sub>O y K<sub>2</sub>O son relativamente cons-

tantes con el aumento de SiO<sub>2</sub>, y el TiO<sub>2</sub> es menor de 0,6% en todas las rocas. Los contenidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> están entre 12,37 y 15,73%, y el MgO es menor del 1,5%. Presentan un alto contenido de álcalis (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O > 7%), altas razones de K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O > 1, bajo TiO<sub>2</sub> (<0,5%).

En las rocas de dique, el contenido de SiO<sub>2</sub> varía entre 49,5 y 79,3%. Los diques basálticos, andesíticos y microdioríticos presentan valores entre 49,5 y 54,01%, mientras que los diques de riolita y granito aplítico están entre 77,4 y 79,3%. Los diques se agrupan en dos poblaciones: a) un primer grupo, con contenidos de SiO<sub>2</sub> entre 48,6 y 54,01%, que corresponden a andesitas, basaltos, microdioritas y microgabros, y b) un segundo grupo con contenidos de SiO<sub>2</sub> entre 77,4 y 79,3%, que corresponden a riolitas y monzogranitos aplíticos. Los valores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en diques más básicos varía entre 12,1 y 17,1%; en los diques riolíticos y aplíticos varía entre 11,9 y 12,6%. Los contenidos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> son mayores en los diques básicos a intermedios que en los ácidos riolíticos (tabla 4). Los valores de Na<sub>2</sub>O son similares en todos los diques (entre 2,7 y 3,9%), mientras el K<sub>2</sub>O es mayor en los diques ácidos que presentan valores entre 4,3 y 5,1% (tabla 4), con valores de álcalis (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) en estos últimos del orden de 7,9 a 8,3%, mientras que en los básicos a intermedios el valor de álcalis varía entre 3,4 y 6,5%. La muestra 900702 presenta un valor de álcalis de 8,3% para un contenido de SiO<sub>2</sub> de 57,05%, anómalo con respecto de las demás muestras.

En el diagrama K<sub>2</sub>O, contrastado con SiO<sub>2</sub> (Peccerillo y Taylor, 1976), correspondiente a rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras, las muestras quedan clasificadas en las series calcoalcalinas altas en K; dos de ellas alcanzan el campo de las series shoshoníticas (900699 y 900703), que corresponden a las rocas con menores contenidos de SiO<sub>2</sub> (65,82 a 66,44%), pero se ubican cerca del límite con la serie calcoalcalina alta en K (figura 6a). Las rocas más ricas en SiO<sub>2</sub> muestran un leve em-



pobrecimiento de  $K_2O$  (IGM-900704, IGM-900692 y IGM-900697), con valores entre 4,18 y 4,30%, mientras el contenido más alto en las once muestras es de 4,59%, un cambio que no es notable, y hay un contenido de  $K_2O$  similar en todas ellas.

Respecto a los diques, la mayoría de las muestras se localizan en la serie calcoalcalina alta en K, en el diagrama de Peccerillo y Taylor (1976) (figura 6b). Únicamente la muestra IGM-900702 grafica en el campo de la serie shoshonítica, roca clasificada como diorita. Se corrobora, entonces, que los diques se agrupan en dos poblaciones: aquellos que tienen contenidos de  $SiO_2$  entre 49 y 63%, que corresponden a andesitas, dacitas, microdioritas y microgabros, y los que tienen contenidos de  $SiO_2$  entre 77 y 79%, que corresponden a riolitas y monzogranitos aplíticos. La muestra 900702 se aparta de ambas poblaciones y se clasifica en el campo de las rocas shoshoníticas.

En el diagrama TAS de Middlemost (1994) (figura 7a), las rocas del Monzogranito de Algeciras se localizan en facies ácidas, en el campo de los granitos.

Para los diques se utiliza el diagrama TAS de Le Bas *et al.* (1986) (figura 7b). Los diques intermedios a básicos (grupo 1) pertenecen a series subalcalinas y a los campos de los basaltos, andesitas basálticas y andesitas, con aumento del contenido de álcalis a medida que aumenta el contenido de  $SiO_2$ . Los diques de riolitas y aplitas graníticas (grupo 2) se agrupan en las series subalcalinas y en el campo de las riolitas.

Las rocas del Monzogranito de Algeciras se distribuyen en los campos metaluminoso y peraluminoso, con valores de  $A/NK > 1$ , lo que sugiere una posible contaminación del magma con rocas de caja. Las muestras peraluminosas corresponden específicamente a rocas con los valores más altos de  $SiO_2 > 73,6\%$ , lo cual puede deberse a una probable contaminación ocasionada por el gran número de xenolitos, techos colgantes y cuerpos menores de rocas metamorfas incluidos dentro del plutón, o bien a un mayor grado de diferenciación magmática. Las rocas con contenidos de  $SiO_2 < 73,6\%$  se encuentran en el campo metaluminoso (figura 8a).

Tabla 4. Composición de óxidos mayores en rocas granitoides y diques del Monzogranito de Algeciras

IGM	$SiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	MgO	CaO	$Na_2O$	$K_2O$	$TiO_2$	$P_2O_5$	MnO	LOI
<b>Rocas granitoides</b>											
900691	78,030	12,370	0,540	< 0,10	0,466	3,629	4,497	0,045	<0,024	0,000	0,310
900692	74,710	13,250	1,640	0,433	1,475	3,518	4,263	0,230	0,066	0,000	0,300
900694	67,330	14,720	4,070	1,583	3,195	3,131	4,395	0,526	0,186	0,070	0,620
900697	73,600	14,040	1,670	0,632	0,310	3,863	4,242	0,256	0,090	0,040	1,170
900699	65,130	15,730	4,120	1,341	3,651	3,653	4,431	0,520	0,187	0,070	0,900
900703	66,070	15,510	4,090	1,481	3,426	3,396	4,544	0,545	0,186	0,070	0,430
900704	75,040	13,030	1,540	0,400	1,362	3,507	4,153	0,217	0,060	0,000	0,570
900706	69,510	14,460	3,120	1,087	2,594	3,460	4,379	0,416	0,139	0,050	0,580
900708	67,590	14,540	3,670	1,368	3,124	3,338	4,330	0,468	0,167	0,050	1,160
900709	69,250	14,200	3,560	1,189	2,585	3,276	4,562	0,471	0,164	0,070	0,510
900711	68,160	14,330	3,810	1,358	2,969	3,306	4,254	0,501	0,169	0,060	0,890
<b>Rocas de dique</b>											
900693	77,380	12,580	0,490	< 0,10	1,169	2,773	5,107	0,052	<0,024	0,000	0,290
900695	79,250	11,900	< 0,10	< 0,10	< ,10	3,873	4,297	0,074	<0,024	0,000	0,420
900696	54,010	16,360	9,290	4,151	6,121	3,254	1,997	1,132	0,356	0,190	2,890
900700	48,640	12,140	11,450	11,210	9,078	1,691	1,664	1,146	0,310	0,200	2,230
900702	57,050	17,080	7,150	2,415	5,559	3,805	4,412	0,755	0,473	0,130	0,830
900707	52,070	15,720	8,590	6,766	7,112	3,401	1,610	1,054	0,446	0,170	2,760
900705	78,040	12,020	0,670	< 0,10	0,507	3,486	4,689	0,094	<0,024	0,000	0,370
900710	49,510	14,680	12,670	6,515	4,669	2,742	4,206	1,573	0,771	0,150	2,120
900701	50,860	16,440	10,680	5,086	8,626	2,750	1,621	1,520	0,425	0,160	1,550

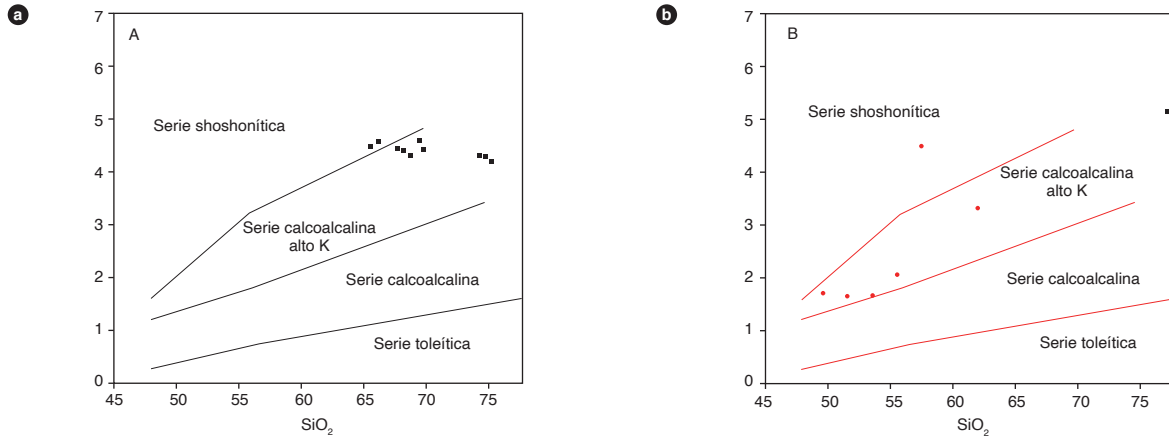


Figura 6. Diagrama  $K_2O$  contrastado con  $SiO_2$  (Peccerillo y Taylor, 1976)  
 a) Granitoides del Monzogranito de Algeciras. b) Rocas de dique que atraviesan el Monzogranito de Algeciras. En rojo, diques básicos a intermedios, de composición andesítico-basáltica; en negro, diques riolíticos y graníticos aplíticos.

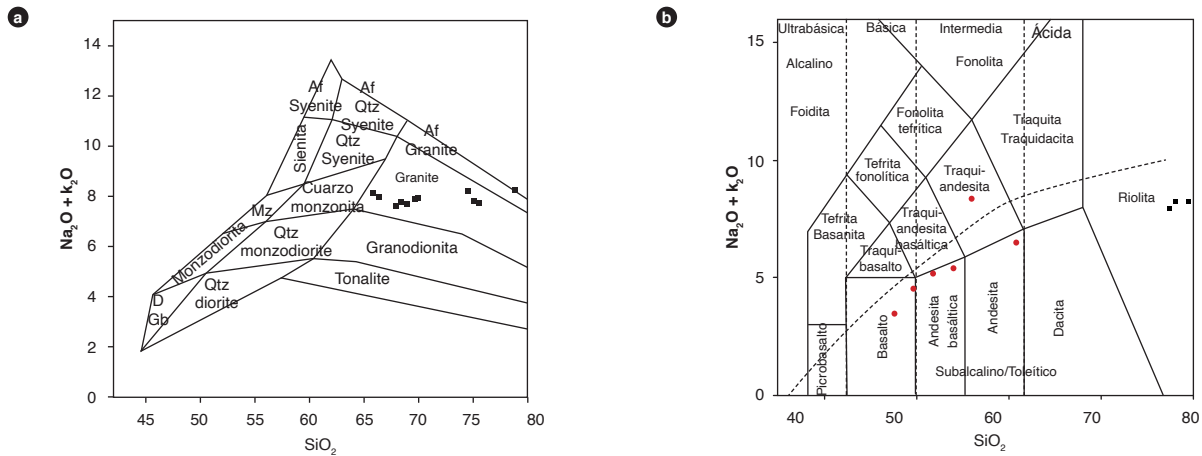


Figura 7. Diagramas de clasificación química de rocas del Monzogranito de Algeciras  
 a) Diagrama de Middlemost (1985) correspondiente a rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras. b) Rocas de dique que atraviesan el Monzogranito de Algeciras. En rojo, diques básicos a intermedios, de composición andesítico-basáltica; en negro, diques riolíticos y graníticos aplíticos.

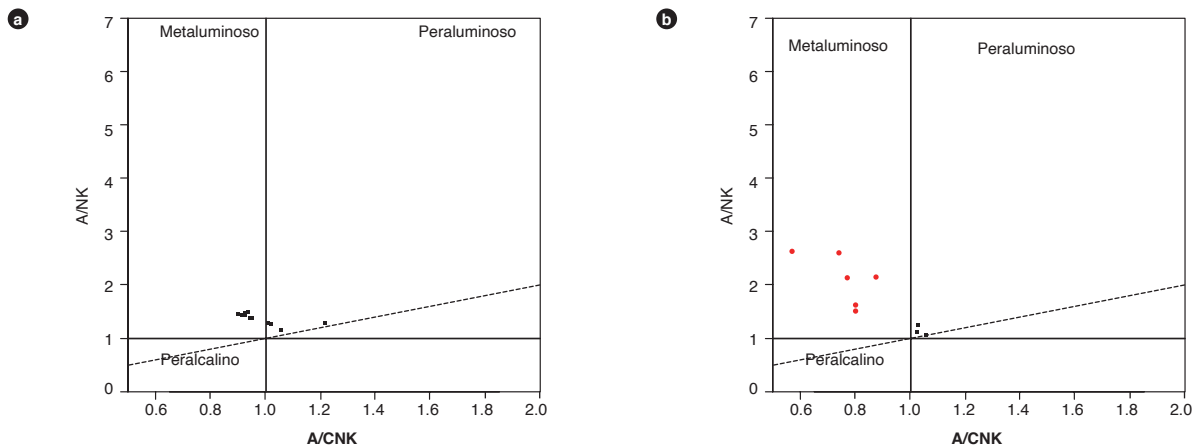


Figura 8. Diagrama de alcalinidad-aluminosidad (Shand, 1943)  
 a) Rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras. b) Rocas de dique que atraviesan el Monzogranito de Algeciras. En rojo, diques básicos a intermedios, de composición andesítico-basáltica; en negro, diques riolíticos y graníticos aplíticos.



Los diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos (grupo 1) se encuentran en el campo metaluminoso, con valores de  $A/NK \leq 1,5$  y valores de  $A/CNK < 1$ , mientras que los diques riolíticos y graníticos aplíticos (grupo 2) son peraluminosos, con valores de  $A/NK > 1$  y valores de  $A/CNK > 1$ . Es importante resaltar que estos diques presentan valores altos de  $SiO_2$ : entre 77,4 y 79,3% (figura 8b).

### Elementos traza y tierras raras

En la tabla 15 se presentan los resultados de los análisis químicos de elementos traza y tierras raras correspondientes a las rocas del Monzogranito de Algeciras y los diques que atraviesan el plutón.

El diagrama de elementos de las tierras raras (REE) normalizado a condrito, según los valores de Nakamura (1974), muestra en las rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras un enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) con un patrón homogéneo, que se va empobreciendo progresivamente hacia las tierras raras pesadas (HREE). Las muestras presentan una tendencia paralela entre todas ellas; sin embargo, las muestras con mayores valores de  $SiO_2$  presentan menores enriquecimientos en tierras raras pesadas y livianas con relación al valor del condrito, y se localizan en la parte inferior del diagrama.

Tabla 5. Resultados de elementos traza y tierras raras correspondientes a rocas del Monzogranito de Algeciras y diques que atraviesan el plutón

Muestra	Li	Be	Sc	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Cd	In	Cs	Ba		
<b>Rocas granitoides</b>																			
900691	1,60	1,17	3,00	<66,00	1,70	4,10	0,92	4,30	7,70	14,00	74,00	66,00	7,20	0,03	0,01	0,23	675,00		
900692	6,00	2,70	6,00	<66,00	2,90	7,00	4,30	5,70	25,00	17,00	117,00	238,00	18,00	0,05	0,01	0,45	782,00		
900694	11,00	2,90	12,00	73,00	6,00	13,00	9,50	13,00	54,00	17,00	135,00	454,00	26,00	0,06	0,04	0,89	955,00		
900697	6,00	1,90	5,00	<66,00	4,10	7,00	3,10	5,60	44,00	14,00	118,00	142,00	12,00	0,03	0,01	0,46	857,00		
900699	7,00	3,40	12,00	73,00	5,90	8,40	9,20	7,20	47,00	20,00	121,00	677,00	35,00	0,07	0,05	0,75	1564,00		
900703	5,00	2,70	13,00	<66,00	5,70	12,00	9,30	21,00	51,00	19,00	117,00	564,00	35,00	0,07	0,04	0,64	1452,00		
900704	4,00	3,50	4,00	<66,00	1,50	9,20	3,30	6,10	25,00	17,00	107,00	243,00	16,00	0,07	0,01	0,28	777,00		
900706	4,00	4,30	9,00	<66,00	3,30	11,00	7,40	10,00	38,00	18,00	146,00	414,00	25,00	0,07	0,02	0,64	1002,00		
900708	7,00	3,80	13,00	<66,00	6,70	10,00	10,00	23,00	43,00	19,00	145,00	602,00	29,00	0,08	0,03	0,69	999,00		
900709	11,00	4,20	13,00	<66,00	4,90	11,00	8,30	20,00	46,00	20,00	203,00	420,00	30,00	0,07	0,03	0,88	1051,00		
900711	6,00	3,70	14,00	<66,00	6,00	13,00	9,90	36,00	45,00	19,00	151,00	569,00	33,00	0,07	0,03	0,68	1029,00		
<b>Rocas de dique</b>																			
900693	0,70	2,40	1,00	<5,00	34,00	4,30	1,40	10,00	8,70	12,00	133,00	244,00	5,90	0,04	0,00	0,37	576,00		
900695	1,10	2,60	2,00	<5,00	25,00	3,80	<0,50	4,20	8,20	15,00	199,00	48,00	11,00	0,11	0,01	0,38	83,00		
900696	15,00	1,70	31,00	16,00	0,00	35,00	25,00	44,00	169,00	20,00	49,00	707,00	27,00	0,33	0,07	0,15	885,00		
900700	15,00	1,36	43,00	804,00	0,00	54,00	130,00	19,00	133,00	17,00	79,00	385,00	26,00	0,13	0,08	0,89	413,00		
900702	2,50	3,50	13,00	1,40	0,00	20,00	14,00	56,00	86,00	23,00	89,00	821,00	41,00	0,10	0,09	0,30	1679,00		
900707	19,00	2,10	34,00	186,00	0,00	40,00	90,00	18,00	97,00	19,00	85,00	831,00	25,00	0,11	0,06	0,21	988,00		
900705	1,20	2,90	3,00	<5,00	206,00	8,50	0,72	6,50	15,00	14,00	128,00	135,00	9,00	<0,08	0,02	0,33	429,00		
900710	62,00	2,80	30,00	229,00	0,00	37,00	71,00	35,00	140,00	31,00	487,00	1526,00	49,00	0,09	0,03	6,70	895,00		
900701	7,00	1,28	40,00	52,00	0,00	39,00	39,00	98,00	116,00	22,00	38,00	736,00	33,00	0,15	0,08	0,27	876,00		
Muestra	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Tl	Pb	Th	U	Nb
<b>Rocas granitoides</b>																			
900691	12,00	25,00	3,40	13,00	2,70	1,10	1,90	0,31	1,30	0,22	0,65	0,08	0,54	0,08	0,31	12,00	4,00	0,38	7,50
900692	45,00	73,00	7,30	25,00	3,80	1,40	3,40	0,55	2,60	0,55	1,80	0,25	1,70	0,28	0,43	9,30	9,00	1,00	10,60
900694	53,00	108,00	12,00	47,00	7,90	2,40	6,50	1,10	4,80	0,96	3,00	0,40	2,70	0,41	0,41	12,00	10,00	2,20	16,60
900697	37,00	68,00	6,40	22,00	3,40	1,60	3,00	0,46	2,00	0,38	1,30	0,17	1,20	0,19	0,52	3,80	12,00	3,30	8,90
900699	73,00	139,00	16,00	64,00	10,00	3,50	9,00	1,40	6,40	1,20	3,90	0,50	3,30	0,49	0,40	13,00	13,00	2,90	17,80
900703	83,00	146,00	16,00	56,00	9,40	3,10	8,00	1,30	5,90	1,20	3,80	0,49	3,30	0,51	0,36	11,00	11,00	2,30	19,20
900704	38,00	61,00	5,90	20,00	3,10	1,40	2,90	0,44	2,10	0,44	1,60	0,22	1,70	0,27	0,36	9,50	15,00	2,70	12,40
900706	55,00	100,00	11,00	38,00	6,60	2,30	5,70	0,93	4,20	0,81	2,70	0,35	2,40	0,38	0,39	9,20	18,00	4,20	18,30
900708	67,00	114,00	13,00	45,00	7,90	2,40	6,40	1,10	4,80	0,98	3,10	0,41	2,80	0,43	0,44	10,00	22,00	4,50	16,90
900709	67,00	122,00	14,00	48,00	8,20	2,50	6,80	1,10	5,20	1,00	3,40	0,44	3,00	0,47	0,60	9,90	28,00	6,10	18,60
900711	64,00	122,00	15,00	52,00	9,00	2,70	7,20	1,30	5,60	1,10	3,60	0,48	3,30	0,51	0,47	9,50	20,00	4,10	18,50
<b>Rocas de dique</b>																			
900693	7,60	13,00	1,30	5,30	0,94	0,73	0,76	0,14	0,75	0,16	0,53	0,08	0,57	0,10	0,40	10,00	<0,05	8,50	4,50
900695	15,00	29,00	2,80	8,50	1,30	0,27	1,30	0,22	1,10	0,26	1,00	0,19	1,70	0,32	0,81	9,70	<0,05	41,00	29,10
900696	23,00	54,00	7,10	32,00	7,10	2,90	5,50	1,10	5,20	1,00	3,00	0,36	2,30	0,34	0,32	20,00	<0,05	1,70	4,80
900700	21,00	49,00	6,10	27,00	6,00	2,10	5,00	0,98	4,80	0,95	2,80	0,36	2,40	0,35	0,34	1,90	<0,05	2,00	6,00
900702	99,00	195,00	23,00	93,00	14,00	4,80	11,00	1,70	7,00	1,40	4,50	0,57	4,00	0,65	0,28	15,00	<0,05	12,00	21,40
900707	32,00	71,00	9,30	40,00	8,00	3,20	6,20	1,10	4,60	0,87	2,70	0,30	1,90	0,27	0,29	2,70	0,05	1,30	6,70
900705	22,00	39,00	3,30	8,80	1,30	0,62	1,40	0,20	0,92	0,21	0,78	0,11	0,86	0,14	0,52	13,00	<0,05	11,00	10,00
900710	50,00	105,00	14,00	54,00	11,00	3,60	9,00	1,80	8,30	1,70	5,10	0,66	4,50	0,68	1,50	2,10	0,14	3,20	18,50
900701	27,00	62,00	8,10	36,00	8,20	3,20	6,30	1,30	6,00	1,20	3,50	0,44	2,80	0,42	0,15	3,70	<0,05	2,20	6,80

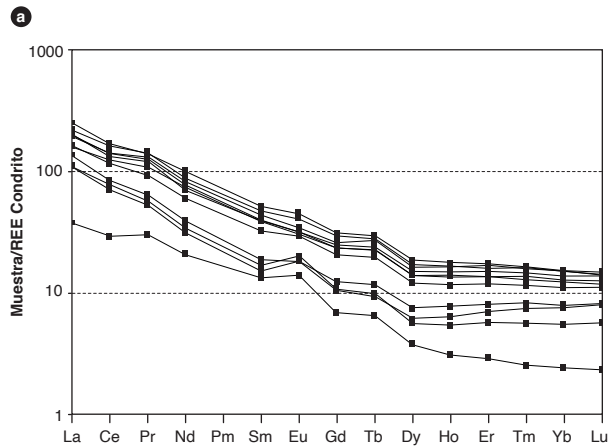


Figura 9. Diagrama de REE normalizado respecto al condrito  
Fuente: Nakamura (1974) y este trabajo.

Las muestras más ácidas presentan una leve anomalía positiva de Eu, que se relaciona con la cristalización de plagioclasa (figura 9).

En el diagrama de elementos de las tierras raras (REE) normalizado a condrito de Nakamura (1974) (figura 10), correspondiente a las rocas de dique, se presentan dos tendencias, que coinciden con los dos grupos de diques reconocidos en el plutón.

Los diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos, tienen mayor enriquecimiento de tierras raras livianas (LREE), con un patrón homogéneo y paralelo que se va empobreciendo progresivamente hacia las tierras raras pesadas, que son más planas (HREE), con leve anomalía positiva de Eu en las muestras IGM-900707 e IGM-900696. La muestra IGM-900702 presenta los mayores valores de LREE, con mayor pendiente que los demás diques básicos e intermedios, lo que refleja el mayor contenido de álcalis y la afinidad shoshonítica de este dique, y sugiere que probablemente corresponde a otra serie de diques. Las demás muestras de este grupo tienen tendencias paralelas.

Los diques de riolitas y granitos aplíticos se agrupan de manera diferente que los diques básicos e intermedios. Presentan menores enriquecimientos en LREE y HREE, una pendiente negativa alta en los LREE y una pendiente positiva suave entre Dy y Lu (HREE), y muestran leve enriquecimiento hacia las HREE más pesadas. Tienen comportamiento diferente respecto a Eu, con enriquecimiento en este elemento en las muestras IGM-

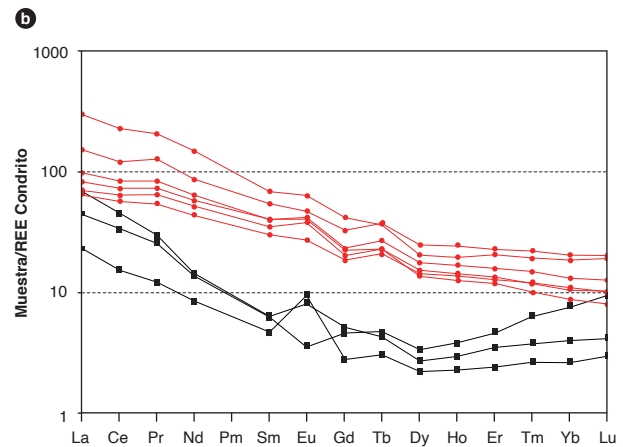


Figura 10. Diagrama de REE normalizado respecto al condrito (Nakamura, 1974), correspondiente a diques del Monzogranito de Algeciras. En rojo, diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos. En negro, diques de riolitas y granitos aplíticos. Fuente: Nakamura (1974) y este trabajo.

900693 e IGM-900705, y empobrecimiento en la muestra IGM-900695, pero en general la tendencia de los tres diques es paralela y forman un grupo bien definido. El patrón de las muestras de dique corresponde a rocas generadas en ambientes de arco, de acuerdo con los patrones de Winter (2001) (figura 10).

Los diagramas de multielementos normalizados a MORB (Pearce, 1983) y NMORB (Sun y McDonough, 1989) correspondientes a rocas del Monzogranito de Algeciras (figura 11) muestran empobrecimiento de los elementos inmóviles Nb, Ti y P, que puede corresponder a separación de fases minerales accesorias como titanita, rutilo y apatito, lo que reflejaría una evolución magmática (Winter, 2001), donde el Nb puede comportarse geoquímicamente de forma similar al Ti. Los mayores valores de los elementos litófilos de alto radio iónico (LILE) Cs, Ba y Th indican una afinidad de corteza continental (márgenes convergentes), donde abundan estos elementos altamente incompatibles. Valores mayores en Sr, K, Ba y Rb se deben a su movilización desde fluidos que interactúan en la zona de subducción hacia el magma (figura 11 b). Las anomalías negativas de Nb, Ti y P son características de arcos magmáticos relacionados con ambientes de subducción, con empobrecimiento progresivo hacia los elementos pesados (figura 11 a). Además de ello se encuentra una anomalía negativa de Nb con respecto al Th y Ce, una signatura geoquímica típica de magmas originados en ambientes tectónicos relacionados con arcos, con patrón subparalelo en todas las muestras (Winter,

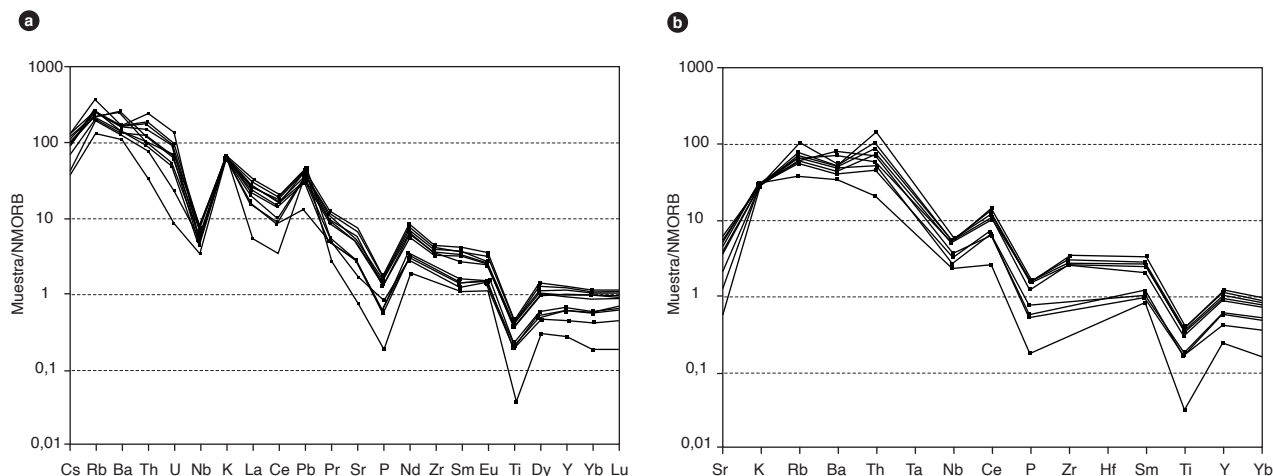


Figura 11. Diagramas multielementos correspondientes a rocas granitoides del Monzogranito de Algeciras  
 a) Diagrama multielemental normalizado al NMORB (Sun y McDonough, 1989). b) Diagrama multielemental normalizado a MORB (Pearce, 1983).

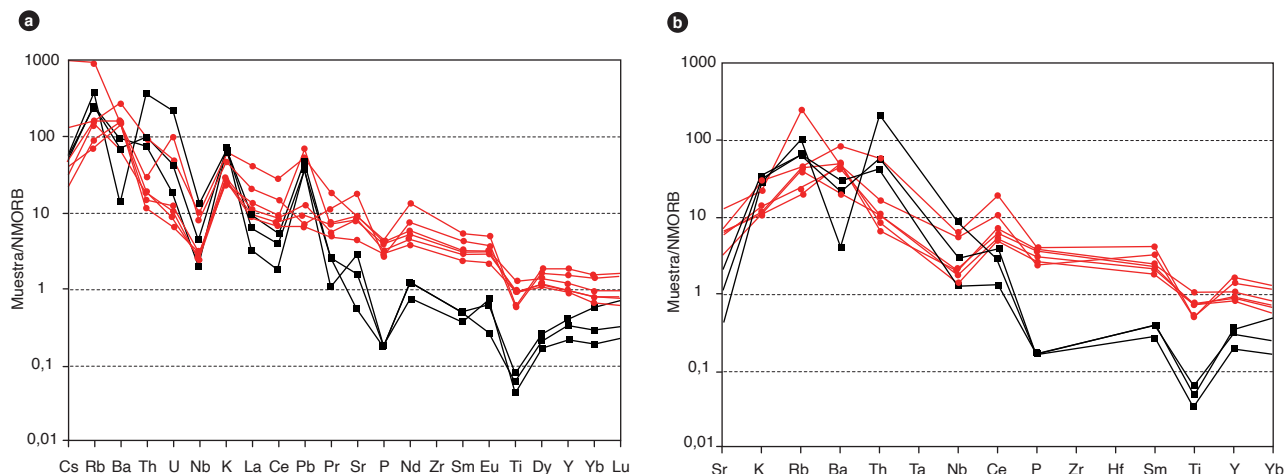


Figura 12. Diagramas multielementos correspondientes a rocas de dique del Monzogranito de Algeciras  
 a) Diagrama multielemental normalizado al NMORB (Sun y McDonough, 1989). b) Diagrama multielemental normalizado a MORB (Pearce, 1983). En rojo, diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos; en negro, diques de riolita y granitos aplíticos.

2001). Los elementos traza más móviles (LILE) tienen concentraciones mayores que el N-MORB.

En los diagramas de multielementos normalizados a MORB (Pearce, 1983) y NMORB (Sun y McDonough, 1989) se observa que los dos grupos de diques que atraviesan el Monzogranito de Algeciras presentan tendencias que corresponden a rocas generadas en ambientes de subducción (arcos). Los diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos (en rojo), tienen anomalía negativa en Nb, P y Ti; empobrecimientos en P y Ti se relacionan con la remoción de minerales como apatito, ilmenita y titanita (Winter, 2001) (figura 12).

Los valores altos de elementos litófilos de alto radio iónico (LILE), como Cs, Rb, Ba y Th, tanto de los diques como del plutón, indican una afinidad de corteza continental (márgenes convergentes), con anomalías positivas de Rb, Ba, K y Pb; en general, presentan una mayor dispersión de estos elementos, explicable por la mayor movilidad (Winter, 2001). De manera similar se comportan los diques riolíticos y graníticos en lo relacionado con los elementos de radio iónico grande (LILE). En los elementos más inmóviles y de radio iónico pequeño, las líneas de ambos grupos de diques (diques basálticos, andesíticos, microgabroicos, dioríticos, riolíticos y graní-

tos) se separan, y muestran menores valores de Pr, Sr, P, Nd, Sm, Eu, Ti, Dy, Y, Yb y Lu en los diques riolíticos y graníticos. Generalmente estos últimos están empobrecidos con relación al NMORB. En los diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos, estos elementos en general están enriquecidos con relación al NMORB (figura 12a).

En el diagrama de multielementos normalizados al MORB (Pearce, 1983), las rocas de diques muestran un patrón comparable a los patrones de rocas generadas en

arcos continentales (figura 12b) (Winter, 2001), con patrones diferentes en ambos grupos de diques, con empobrecimiento en Nb, La, Cs, P y Ti.

### Discriminación de ambiente tectónico y tipo de granitoide

Las rocas y diques del Monzogranito de Algeciras se localizan en el diagrama de Pearce *et al.* (1984) en el campo de los granitos de arco volcánico, como se muestra en la figura 13. En las muestras de diques basálticos,

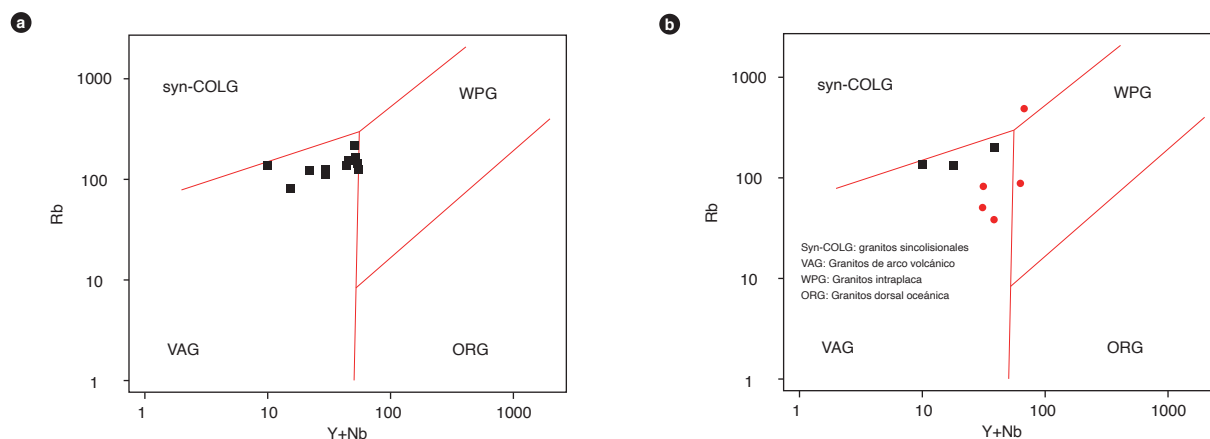


Figura 13. Diagramas de discriminación de ambiente de Pearce *et al.* (1984).

a) Granitoides del monzogranito de Algeciras. b) Rocas de dique. En rojo, diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos; en negro, diques de riolita y granitos aplíticos.

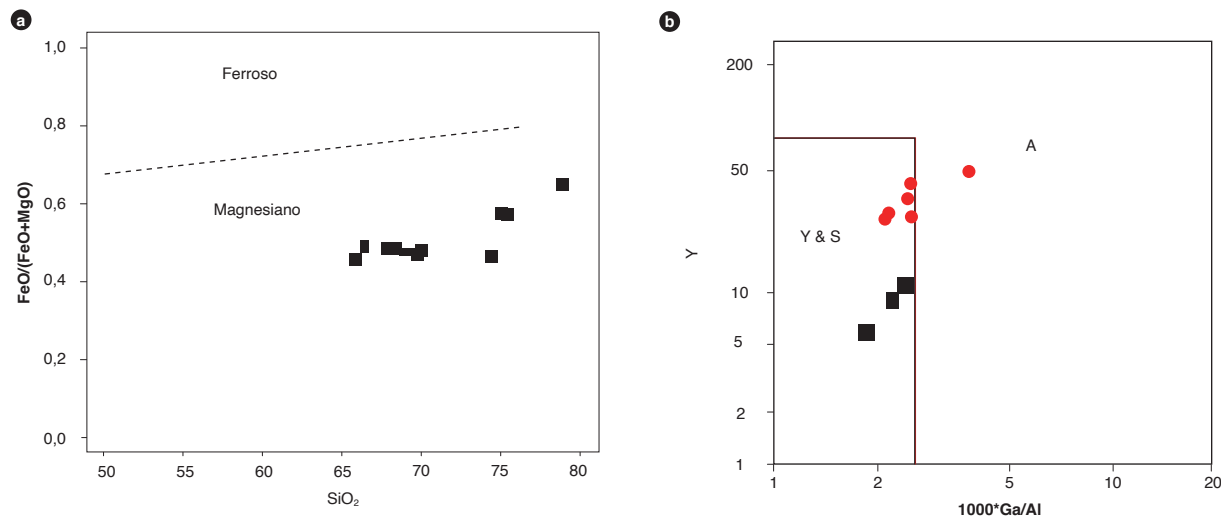


Figura 14. Diagramas de Frost *et al.* (2001) y Whalen *et al.* (1987)

a) Granitoides del Monzogranito de Algeciras. b) Rocas de dique. En rojo, diques basálticos, andesíticos, microgabroicos y dioríticos; en negro, diques de riolita y granitos aplíticos.

andesíticos, microgabroicos y dioríticos, dos rocas granifican en los campos de los granitos intraplaca y granitos de dorsal oceánica, aunque se observan muy cercanas a las demás muestras.

En la figura 14 las rocas del Monzogranito de Algeciras, como sus diques, muestran características de magmas tipo I (andino o cordillerano), de series magnesianas.

Wang *et al.* (2012) sugieren patrones químicos característicos en circones que permiten diferenciar granitos tipo I, S y A. Los contenidos de tierras raras en los circones del Monzogranito de Algeciras (muestras GR-6586, GR-6589 y GZ-6750) presentan rasgos que se relacionan con ambientes de granitos tipo I, con valores de Pb, en la mayoría de circones, en el rango propuesto por estos autores, con  $Pb < 25$  ppm. Igualmente, se encuentran concentraciones típicas de Th en granitos tipo I, entre 30 y 700 ppm, con algunos valores por encima del rango, pero en un mismo *trend* de datos (figura 15), y escasos datos (2) en el campo de granitos tipo A.

### 5. Posición estratigráfica y edad

El Monzogranito de Algeciras, según Rodríguez *et al.* (2002), presenta contactos intrusivos y fallados con la formación Saldaña y el complejo Garzón, con desarrollo de cornubianitas. Hacia el lado occidental el contacto es fallado (falla Altamira) con sedimentitas cretácicas, paleógenas y neógenas, y está cubierto discordantemente por depósitos cuaternarios. Hacia el lado oriental está limitado parcialmente por la falla de Algeciras. Hacia el norte, Ferreira *et al.* (2001) reportan que el Monzogranito de Algeciras intruye las calizas y lodolitas paleozoicas de cerro Neiva, así como las rocas volcanosedimentarias de la formación Saldaña. Además, se encuentra atravesado por diques y pequeños cuerpos de composición andesítica-diorítica y riolítica-granítica con texturas afanítica, fanerítica fina y porfirítica.

Rodríguez *et al.* (2015a) realizaron la datación de tres muestras del Monzogranito de Algeciras, previa descripción petrográfica y análisis litogeoquímico de las muestras. Su localización se presenta en la figura 1 y en la tabla 6.

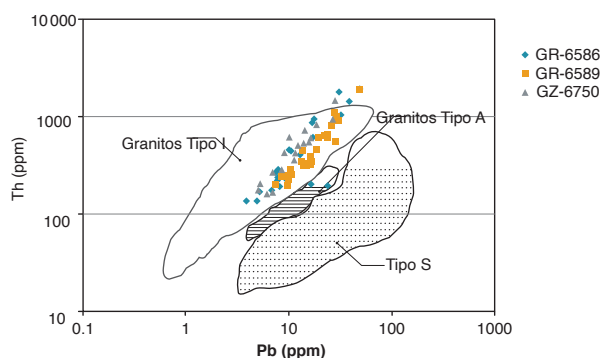


Figura 15. Discriminación de ambientes de circones Fuente: modificado de Wang *et al.* (2012) y este trabajo.

La separación de minerales densos se realizó en el Laboratorio Químico del Servicio Geológico Colombiano, sede Medellín, utilizando separación hidrodinámica, magnética y, por último, el montaje de los circones, que presentan formas prismáticas alargadas, euhedrales. Posteriormente los minerales fueron enviados al Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para que fueran analizados por la técnica LA-ICP-MS (espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo). Las muestras se obtuvieron a partir de saprolito, con muestra de roca colectada en el mismo afloramiento.

Los circones de las muestras GR-6586 y GR-6589 son prismáticos, con terminaciones bipiramidales (figura 15). Las imágenes de catodoluminiscencia (CL) evidencian zonación oscilatoria, así como la ausencia de núcleos heredados. Su tamaño está comprendido entre 150 y 300  $\mu m$ . En la muestra GZ-6750 (IGM-900703), los circones son generalmente menores de 200  $\mu m$ , y en CL se observan algunos núcleos oscuros de un zonamiento más luminiscente (figura 16).

Los datos obtenidos a partir de las muestras GR-6586 y GR-6589 ( $n = 35$ ) fueron manipulados en el software de Isoplot/Ex vers. 4.15 (Ludwig, 2008) para el proceso de gráfica e interpretación. Inicialmente se filtraron los datos para descartar los circones con valores

Tabla 6. Resultados de geocronología en muestras del Monzogranito de Algeciras por el método LA-MC-ICP-MS U-Pb. Origen de coordenadas: Bogotá

IGM	N.º campo	Unidad	N	W	Clasificación	Edad ( $^{206}Pb/^{238}U$ )
900694	GR-6586	Monzogranito de Algeciras	779303	866205	Monzogranito	$171,5 \pm 2,5$
	GR-6589	Monzogranito de Algeciras	765299	851101	Granito	$169,6 \pm 1,2$
900703	GZ-6750	Monzogranito de Algeciras	797035	875526	Cuarzomonzonita	$179 \pm 1,9$



discordantes ( $\text{Discor} > 15\%$ ), de acuerdo con la relación  $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}]$ , con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. Se trabajó con 27 circones de la muestra GR-6586, 35 circones de la muestra GR-6589, y 35 y 23 circones de la muestra GZ-6750.

Se obtuvieron tres edades del Monzogranito de Algiciras, distribuidas de sur a norte así:  $169,6 \pm 1,2$  Ma de

la muestra GR-6589;  $171,5 \pm 2,5$  Ma de la muestra GR-6586, y  $179 \pm 1,9$  Ma de la muestra GZ-6750. Estas edades corresponden al rango entre Jurásico Medio y Jurásico Inferior (Bajociano al Toarciense), con un MSDW  $< 4.1$  correspondiente a las tres muestras (figura 17). Al analizar la distribución espacial de las edades se observa que la edad del plutón disminuye de norte a sur, lo que sugiere

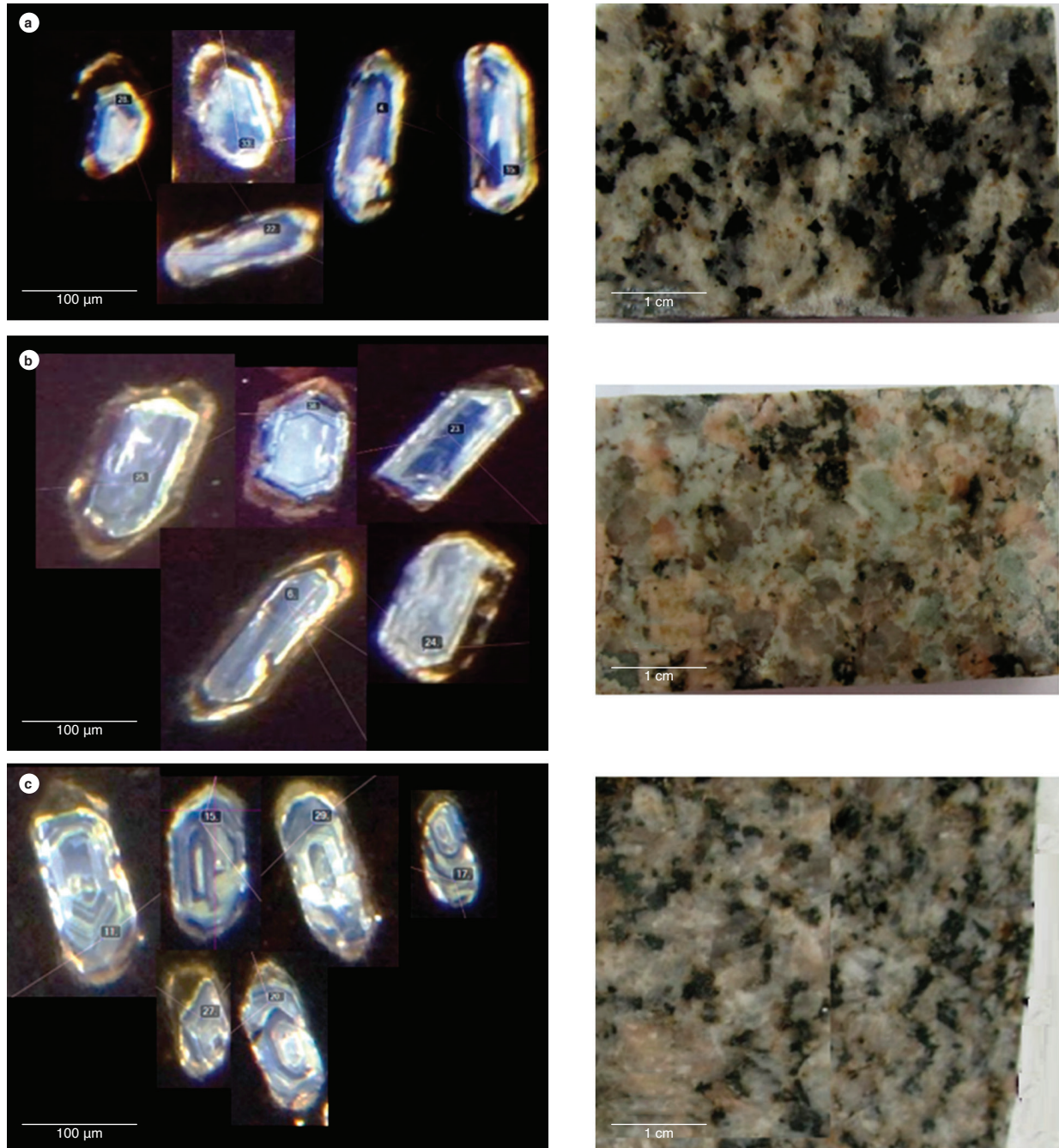


Figura 16. Imágenes de catodoluminiscencia de las muestras GR-6586 (A), GR-6589 (B) y GZ-6750 (C) y la respectiva roca

que este cuerpo pudo cristalizar primero en el norte, y fue migrando, o tuvo un pulso posterior hacia el sur, en un periodo de 10 Ma, siendo más antiguo al norte que en las zonas centro y sur del plutón, donde las edades son más jóvenes y similares.

La relación Th/U varía entre 0,32 y 1,75 ppm en la muestra GR-6586, entre 0,22 y 1,25 en la muestra GR-

6589, y entre 0,70 a 1,67 ppm en la muestra GZ-6750, valores alrededor de 1 ppm que se relacionan a un origen ígneo, concordante con la forma prismática y el carácter oscilatorio de los circones en las imágenes de catodoluminiscencia.

El análisis de ICP-MS permitió determinar la abundancia de los elementos traza de cada circón de las tres

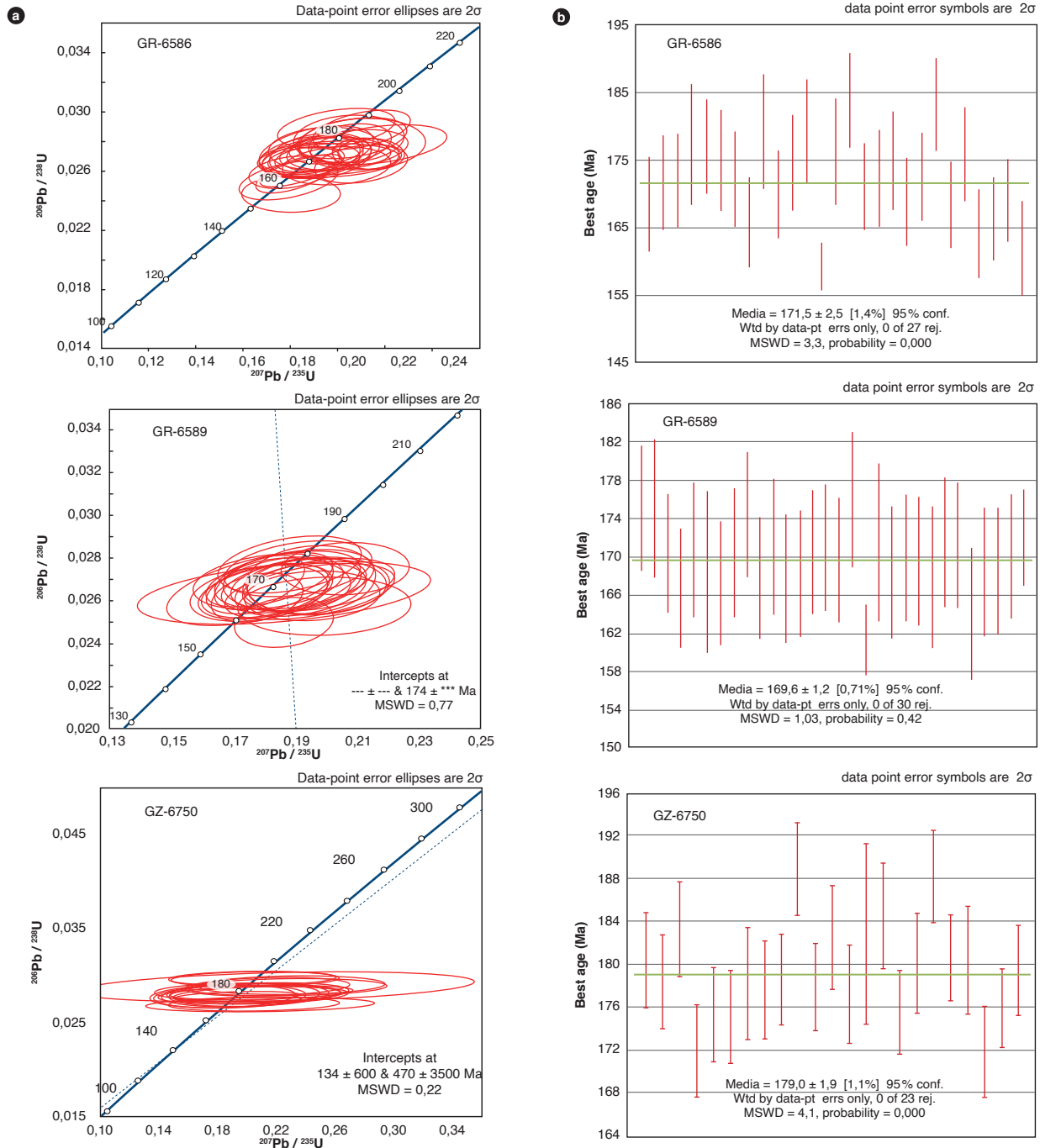


Figura 17. Edad U-Pb en circones de las muestras pertenecientes al Monzogranito de Algeciras a) Diagramas de concordia. b) Diagramas del cálculo de media ponderada y desviación estándar.



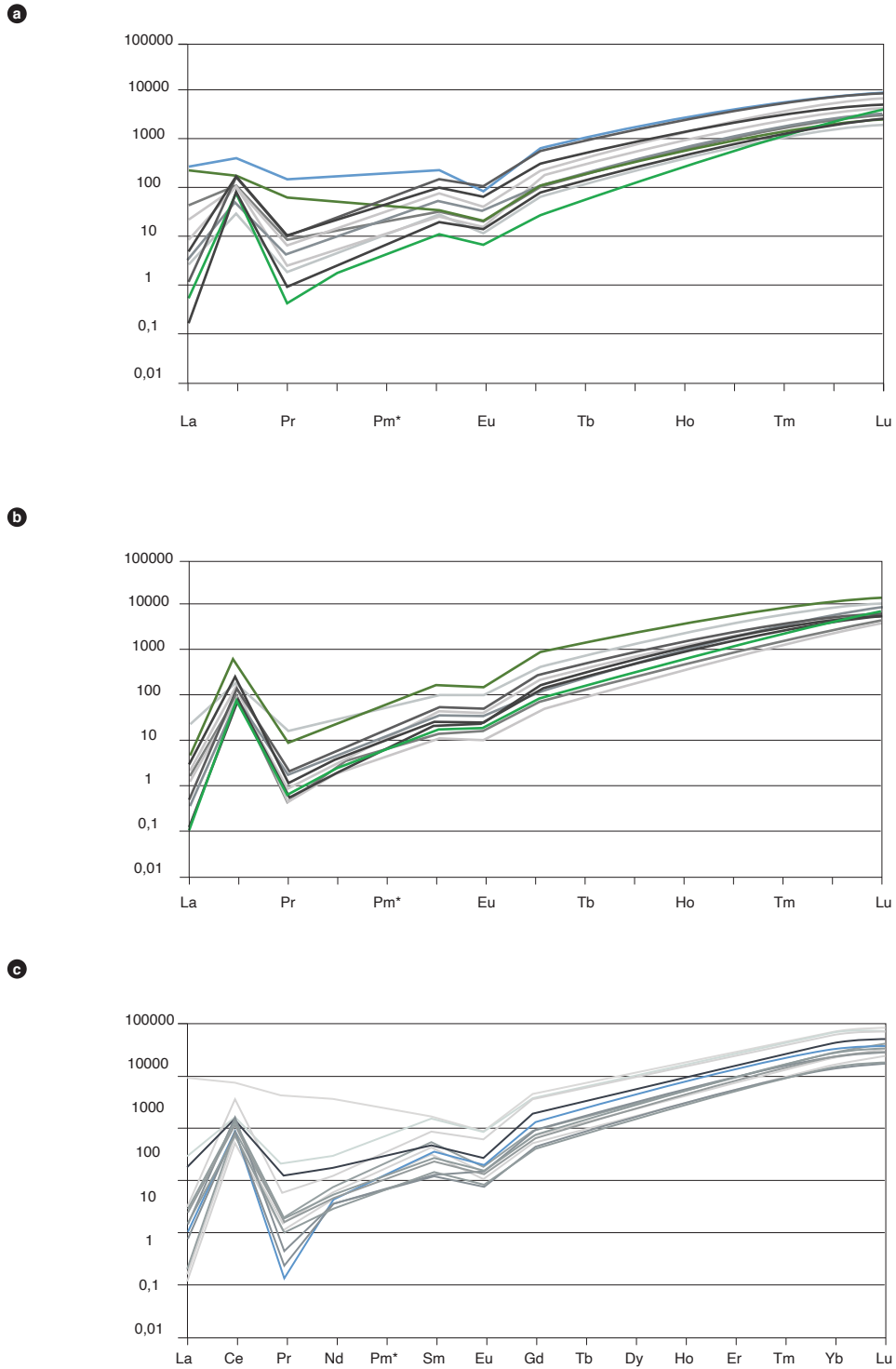


Figura 18. Patrón de tierras raras normalizadas al condrito de análisis de circones de las muestras GR-6586 (a), GR-6589 (b) y GZ-6750 (c) Normalizado a valores del condrito de McDonough y Sun (1995).  $Pm^* = (Nd \cdot Sm)^2$  y  $Tm^* = (Er \cdot Yb)^2$ .

muestras. 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 18 se observa un comportamiento homogéneo en la mayoría de circones de las muestras GR-6586, GR-6589 y GZ-6750, con dos circones enriquecidos en tierras raras livianas (LREE) de la muestra GR-6586 y un circón enriquecido en LREE de la muestra GZ-6750. Lo anterior puede sugerir que estos tres circones cristalizaron junto con otro mineral enriquecido en los elementos de las LREE.

Los circones, en general, muestran en las tres rocas una anomalía negativa de Eu, que según Hoskin y Schaltegger (2003) es una característica de todos los circones de origen ígneo y, junto a la anomalía positiva de Ce, sugiere condiciones reducidas del magma (Wang *et al.*, 2012). Para Nardi *et al.* (2013), una fuerte anomalía positiva de Ce suele indicar cristalización en las primeras fases de fraccionamiento magmático (figura 18).

Adicionalmente, presentan una tendencia de menores concentraciones de LREE y mayores concentraciones hacia las HREE.

## 6. Correlaciones

Por posición estratigráfica, geotectónica y geocronológica, el Monzogranito de Algeciras se correlaciona con los plutones que afloran en el borde oriental del valle superior del Magdalena, como son el Monzogranito de Altamira, con edades de  $169,4 \pm 3,2$  Ma,  $172 \pm 3,9$  Ma, y hacia el sur tiene una edad de  $171,6 \pm 1$ . La cuarzolitita de Teruel tiene una edad de  $170 \pm 1,10$  Ma, y el Granito de Garzón, una edad de  $170,8 \pm 2,4$  Ma y  $172,3 \pm 2$ .

Por la ubicación, edad Jurásica (en el rango de 169,6 a 179 Ma) y características litológicas, el Monzogranito de Algeciras puede correlacionarse con el Granito de Garzón y el Monzogranito de Altamira. De igual forma, estos tres cuerpos pueden correlacionarse por su posición tectonoestratigráfica, dado que están alineados al oeste de la falla Algeciras, lo que podría indicar la existencia de un pulso magmático, en este espacio de tiempo geológico, en el borde occidental de la cordillera Oriental de Colombia.

Por su posición geotectónica, el Monzogranito de Algeciras es correlacionable con el *stock* de Dolores, expuesto en la plancha 283 Purificación (Cossio *et al.* 1994), datado en  $166 \pm 4$  Ma por Sillitoe *et al.* (1982), y en 176 y 182 Ma por Guerrero y Támara (1982), que corresponden al Jurásico Temprano-Medio. Estos da-

tos, aportados por Restrepo-Pace *et al.* (1997), confirman la existencia de un evento tectono-termal durante el Triásico-Jurásico que corresponde a la intrusión del granito de Suaza-Altamira (cuya edad está datada en ese periodo).

## 7. Localidad tipo

Se propone como localidad tipo del Monzogranito de Algeciras la carretera Campoalegre-Algeciras, paralela al río Neiva en la plancha 345 Campoalegre. Otras secciones se encuentran sobre los carretables Neiva-Caguán-cerro Neiva y Algeciras-La Arcadia-El Toro (Velandia *et al.*, 2001). En la plancha 367 Gigante los mejores afloramientos del Monzogranito de Algeciras se encuentran en las carreteras El Toro-La Gran Vía, La Gran Vía-vereda Santa Lucía y El Recreo-Vueltas Arriba (Rodríguez *et al.* 2003).

## 8. Génesis

De acuerdo con los resultados geoquímicos en roca total y en circones, el Monzogranito de Algeciras corresponde a un granito de tipo I (cordillerano), de la serie calcoalcalina alta en K, magnesiano con afinidad metaluminosa y peraluminosa en las rocas más diferenciadas, formado en un ambiente de arco magmático de margen continental. El Monzogranito de Algeciras hace parte de un evento plutónico emplazado en el valle superior del Magdalena ocurrido entre 170 a 179 Ma.

## 9. Recursos minerales

Ingeominas y Geoestudios (2000) reportan varios afloramientos con sulfuros como relleno de fracturas y/o diaclasas en el Monzogranito Algeciras.

Como minerales metálicos en la mineralización se encuentra pirita asociada con calcopirita y magnetita. En algunos sectores de la plancha 367 Gigante la calcopirita tiene aureola de alteración. También existen posibilidades de encontrar yacimientos hidrotermales de sulfuros, oro-plata y depósitos de *skarn* relacionados al Monzogranito Algeciras.

## Referencias

- 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, 602-622. <https://doi.org/10.1007/s00410-002-0364-7>

- Cossio, U., Rodríguez, G. y Rodríguez, M. (1994). *Mapa geológico de la plancha 283-Purificación, departamento Tolima. Escala 1:100.000. Memoria explicativa*. Ingeominas.
- Ferreira, P., Núñez, A. y Rodríguez, M. (1998). *Geología de la plancha 323 Neiva. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Ferreira, P., Núñez, A. y Rodríguez, M. (2001). *Memoria explicativa levantamiento geológico de la plancha 323 Neiva*. Ingeominas.
- Frost, R., Barnes, C., Collins, W., Arculus, R., Ellis, D. y Frost, C. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033-2043. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>
- Guerrero, B. y Tamara, A. (1982). *Petrografía de los intrusivos triásico-jurásicos y sus relaciones con la Formación Saldaña, al occidente de Dolores, Tolima* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia.
- 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>
- Ingeominas y Geoestudios. (2000). *Mapa geológico de Colombia: plancha 367 Gigante. Escala 1:100.000*. Informe interno. Ingeominas.
- Le Bas, M., Le Maitre R., Streckeisen, A. y Zanetin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27(3), 745-750. <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>
- 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). *Mapa geológico departamento del Huila. Escala 1:300.000*. Ingeominas.
- 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. (1985). *Magma and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology*. Longman.
- 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)
- Morales, C., Caicedo, J., Velandia, F. y Núñez, A. (1999). *Memoria explicativa levantamiento geológico de la plancha 345 Campoalegre. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Morales, C., Velandia, F., Núñez, A. y Caicedo, J. (1998). *Mapa geológico de la plancha 345 Campoalegre. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5), 757-775. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Nardi, L., Formoso, M., Müller, I., Fontana, E., Jarvis, K. y Lamarão, C. (2013). Zircon/rock partition coefficients of REEs, Y, Th, U, Nb, and Ta in granitic rocks: Uses for provenance and mineral exploration purposes. *Chemical Geology*, 335, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.10.043>
- Paton, C., Woodhead, J., Hellstrom, J., Hergt, J., Greig, A. y Maas, R. (2010). Improved laser ablation U-Pb zircon geochronology through robust downhole fractionation correction. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 11(3). <https://doi.org/10.1029/2009GC002618>
- Pearce, J. (1983). Role of sub-continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. En C. Hawkesworth, y J. Norry (eds.), *Continental basalts and mantle xenoliths* (pp. 230-249). Shiva.
- 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>
- Petrus, J. y Kamber, B. (2012). VizualAge: A novel approach to laser ablation ICP-MS U-Pb geochronology data reduction. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 36(3), 247-270. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2012.00158.x>
- 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., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2015). *Características petrográficas, geoquímicas y edad U-Pb de los plutones jurásicos del Valle Superior del Magdalena*. XV Congreso Colombiano de Geología.
- 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. Mapa, escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Rodríguez, G., Zapata, G., Velásquez, M., Cossio, U. y Londoño, C. (2002). *Geología de las planchas 367 Gigante, 368 San Vicente del Caguán, 389 Timaná, 390 Puerto Rico, 391 Lusitania (parte noroccidental) y 414 El Doncello, departamentos de Caquetá y Huila. Memoria explicativa*. Ingeominas.
- Shand, S. (1943). *Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. John Wiley & Sons.
- Sillitoe, R., Jaramillo, L., Damon, P., Shafiquillan, H. y Escobar, R. (1982). Setting, characteristics and age of the Andean porphyry copper belt in Colombia. *Economic Geology*, 77(8), 1837-1850. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.77.8.1837>
- Solari, L., Gómez Tuena, A., Bernal, J., Pérez Arvizu, O. y Tanner, M. (2010). U-Pb zircon geochronology with an integrated LA-ICP-MS microanalytical workstation: Achievements in precision and accuracy. *Geo-standards and Geoanalytical Research*, 34(1), 5-18. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2009.00027.x>
- 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>
- 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. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- 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.jseae.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>
- Winter, J. (2001). *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall.

Anexo 1

Tabla de resultados analíticos U-Pb utilizados en el cálculo de las edades LA-ICP-MS en circon de las muestras del Monzogranito de Algeiras

Circón	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	Relaciones corregidas										Edades corregidas (Ma)					Disc %		
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	$\pm 2\sigma$	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	$\pm 2\sigma$	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	$\pm 2\sigma$	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	$\pm 2\sigma$	<sup>208</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	$\pm 2\sigma$	<sup>208</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	$\pm 2\sigma$	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	$\pm 2\sigma$	Edad óptima (Ma)		$\pm 2\sigma$	
Circón 071_GR-6586	251,30	260,00	1,03	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,13	174,90	7,40	175,00	15,00	450,00	150,00	174,90	7,00	0,06
Circón 072	166,60	132,10	0,79	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,31	171,50	7,00	177,00	17,00	425,00	96,00	171,50	7,00	3,11
Circón 073	295,00	230,40	0,78	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,42	174,50	7,10	183,00	16,00	390,00	130,00	174,50	7,00	4,64
Circón 074	550,00	830,00	1,51	0,05	0,00	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,29	172,20	7,10	175,00	13,00	310,00	160,00	172,20	7,00	1,60
Circón 075	418,80	395,60	0,94	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,39	163,70	7,00	178,00	16,00	320,00	110,00	163,70	7,00	-3,20
Circón 076	256,00	282,00	1,10	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,36	172,10	7,00	170,00	15,00	252,00	81,00	172,10	7,00	-1,24
Circón 077	887,00	188,50	0,21	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,63	168,20	6,40	167,00	11,00	269,00	85,00	168,20	6,00	-0,72
Circón 078	429,60	455,00	1,06	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,41	170,90	6,50	175,00	15,00	340,00	120,00	170,90	7,00	2,34
Circón 079	317,00	444,00	1,40	0,05	0,00	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,38	179,10	7,80	184,00	15,00	330,00	120,00	179,10	8,00	2,66
Circón 080	1100,00	1020,00	0,93	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,50	175,80	7,00	168,00	12,00	116,00	89,00	175,80	7,00	-4,64
Circón 081	222,50	144,30	0,65	0,08	0,01	0,34	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	1,11	184,00	18,00	299,00	23,00	1310,00	180,00	184,00	18,00	38,46
Circón 082	117,80	88,20	0,75	0,12	0,02	0,51	0,11	0,03	0,00	0,02	0,01	0,75	190,00	11,00	398,00	70,00	1750,00	340,00	190,00	11,00	52,26
Circón 083	233,00	205,00	0,88	0,05	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,38	176,80	7,00	192,00	18,00	580,00	110,00	176,80	7,00	7,92
Circón 084	1740,00	1876,00	1,08	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,66	168,90	6,10	168,00	11,00	150,00	110,00	168,90	6,00	-0,54
Circón 085	1503,00	1386,00	0,92	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,75	166,20	6,10	167,00	12,00	180,00	110,00	166,20	6,00	0,48
Circón 086	336,00	428,00	1,27	-0,03	0,01	-0,12	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,35	155,80	6,00	-123,00	29,00	no value	no value	no value	no value	226,67
Circón 087	179,20	150,90	0,84	-0,24	0,03	-0,74	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,61	144,50	7,30	-1460,00	300,00	no value	no value	no value	no value	109,90
Circón 088	346,00	346,00	1,00	0,07	0,01	0,26	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,29	170,60	6,70	232,00	18,00	970,00	110,00	170,60	7,00	26,47
Circón 089	96,20	100,00	1,04	0,09	0,02	0,35	0,06	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04	179,60	8,40	295,00	46,00	1440,00	200,00	179,60	8,00	38,12
Circón 090	159,00	162,00	1,02	0,06	0,01	0,23	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,39	175,30	7,10	214,00	20,00	660,00	130,00	175,30	7,00	18,08
Circón 091	1104,00	1727,00	1,56	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,67	164,10	6,60	165,00	12,00	260,00	130,00	164,10	7,00	0,55
Circón 092	279,00	237,00	0,85	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,14	179,10	8,50	183,00	15,00	370,00	110,00	179,10	9,00	2,13
Circón 093	597,00	195,00	0,33	0,06	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,31	168,80	6,40	187,00	13,00	400,00	130,00	168,80	6,00	9,73
Circón 094	333,20	224,10	0,67	0,05	0,01	0,18	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	156,30	6,40	164,00	13,00	420,00	110,00	156,30	6,00	4,70
Circón 095	631,00	934,00	1,48	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	172,50	6,50	182,00	15,00	300,00	140,00	172,50	7,00	5,22
Circón 096	277,00	233,00	0,84	0,05	0,01	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,40	165,80	6,60	167,00	14,00	430,00	150,00	165,80	7,00	0,72
Circón 097	130,60	134,90	1,03	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,04	168,50	6,90	180,00	18,00	500,00	110,00	168,50	7,00	6,39
Circón 098	563,00	603,00	1,07	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,50	174,80	7,20	175,00	13,00	294,00	82,00	174,80	7,00	0,11
Circón 099	281,00	190,50	0,68	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,43	169,90	6,50	170,00	14,00	340,00	140,00	169,90	7,00	0,06
Circón 100	215,00	172,00	0,80	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,10	171,90	7,00	179,00	18,00	450,00	170,00	171,90	7,00	3,97
Circón 101	358,00	442,00	1,23	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,42	176,20	7,80	179,00	14,00	350,00	110,00	176,20	8,00	1,56
Circón 102	163,60	179,60	1,10	0,06	0,01	0,23	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,37	185,90	7,60	215,00	21,00	660,00	130,00	185,90	8,00	13,53
Circón 103	227,00	201,30	0,89	0,05	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,05	177,20	8,90	188,00	16,00	380,00	130,00	177,20	9,00	5,74
Circón 104	684,00	1200,00	1,75	0,05	0,00	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,49	183,20	6,90	187,00	14,00	270,00	100,00	183,20	7,00	2,03
Circón 105_GR-6586	1904,00	612,00	0,32	0,05	0,00	0,17	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,45	161,80	7,00	163,00	13,00	170,00	130,00	161,80	7,00	0,74

Circón	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	Relaciones corregidas										Edades corregidas (Ma)									
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>209</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>209</sup> Pb ±2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U ±2σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U ±2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U ±2σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>209</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>209</sup> Pb ±2σ	Edad óptima (Ma)	±2σ	Disc %							
Circón 001_GIR-6589	642,00	605,00	0,94	0,05	0,01	0,21	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	175,10	6,50	189,00	14,00	370,00	95,00	175,10	6,50	7,35
Circón 002	485,00	306,00	0,63	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,38	175,10	7,20	176,00	17,00	360,00	150,00	175,10	7,20	0,51
Circón 003	619,00	456,00	0,74	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	170,40	6,20	174,00	14,00	350,00	120,00	170,40	6,20	2,07
Circón 004	612,70	311,90	0,51	0,05	0,00	0,17	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20	166,80	6,20	162,00	13,00	370,00	120,00	166,80	6,20	-2,96
Circón 005	914,00	983,00	1,08	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,56	170,80	7,00	166,00	12,00	156,00	72,00	170,80	7,00	-2,89
Circón 006	509,00	438,00	0,86	0,05	0,01	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,52	168,50	8,40	163,00	19,00	280,00	120,00	168,50	8,40	-3,37
Circón 007	794,00	624,00	0,79	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,42	167,30	6,50	171,00	13,00	290,00	100,00	167,30	6,50	2,16
Circón 008	386,00	239,90	0,62	0,07	0,01	0,26	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14	179,20	7,10	236,00	32,00	800,00	280,00	179,20	7,10	24,07
Circón 009	241,00	243,70	1,01	0,06	0,01	0,23	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	172,30	6,90	212,00	23,00	720,00	130,00	172,30	6,90	18,73
Circón 010	588,00	367,00	0,65	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,54	170,50	6,70	172,00	12,00	360,00	120,00	170,50	6,70	0,87
Circón 011	976,00	869,00	0,89	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,28	174,40	6,50	173,00	12,00	150,00	100,00	174,40	6,50	-0,81
Circón 012	493,00	306,00	0,62	0,05	0,01	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,40	167,90	6,40	167,00	14,00	370,00	130,00	167,90	6,40	-0,54
Circón 013	124,00	68,70	0,56	0,07	0,01	0,26	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14	174,20	8,10	234,00	34,00	940,00	180,00	174,20	8,10	25,56
Circón 014	289,00	240,00	0,83	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,32	171,10	7,10	173,00	15,00	340,00	130,00	171,10	7,10	1,10
Circón 015	255,00	195,00	0,76	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	167,80	6,70	174,00	19,00	520,00	150,00	167,80	6,70	3,56
Circón 016	518,00	328,10	0,63	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,42	168,30	6,60	177,00	14,00	378,00	94,00	168,30	6,60	4,92
Circón 017	421,00	337,00	0,80	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,37	170,50	6,50	182,00	16,00	430,00	120,00	170,50	6,50	6,32
Circón 018	763,60	621,00	0,81	0,05	0,00	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,38	171,00	6,60	174,00	13,00	270,00	120,00	171,00	6,60	1,72
Circón 019	543,00	315,00	0,58	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	169,70	6,50	172,00	13,00	300,00	140,00	169,70	6,50	1,34
Circón 020	341,00	191,00	0,56	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,39	176,00	7,00	176,00	17,00	360,00	150,00	176,00	7,00	0,00
Circón 021	1181,00	905,00	0,77	0,05	0,00	0,16	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04	161,10	6,10	151,00	11,00	119,00	83,00	161,10	6,10	-6,69
Circón 022	1840,00	1890,00	0,99	0,05	0,00	0,19	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20	159,20	5,90	173,00	11,00	380,00	140,00	159,20	5,90	7,98
Circón 023	829,00	593,00	0,72	0,05	0,00	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,13	171,50	8,20	183,00	14,00	310,00	110,00	171,50	8,20	6,28
Circón 024	366,00	249,00	0,68	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,35	168,40	6,90	172,00	19,00	580,00	180,00	168,40	6,90	2,09
Circón 025	345,00	246,00	0,71	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19	169,90	6,60	185,00	16,00	390,00	110,00	169,90	6,60	8,16
Circón 026	817,00	777,00	0,95	0,05	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	169,60	6,70	181,00	17,00	340,00	160,00	169,60	6,70	6,30
Circón 027	598,00	355,00	0,59	0,05	0,01	0,19	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,41	167,90	7,40	172,00	32,00	810,00	160,00	167,90	7,40	2,38
Circón 028	350,00	159,80	0,46	-0,06	0,01	-0,18	0,04	0,02	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,11	149,50	5,80	-202,00	44,00	no value	no value	no value	no value	174,01
Circón 029	351,00	276,00	0,79	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,32	171,60	6,80	176,00	19,00	450,00	120,00	171,60	6,80	2,50
Circón 030	974,00	558,00	0,57	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,42	171,20	6,50	178,00	14,00	330,00	140,00	171,20	6,50	3,82
Circón 031	887,00	1106,00	1,25	0,06	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,09	164,10	6,90	184,00	19,00	460,00	150,00	164,10	6,90	10,82
Circón 032	797,00	631,00	0,86	0,05	0,00	0,18	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	168,50	6,70	171,00	13,00	280,00	110,00	168,50	6,70	1,46
Circón 033	577,00	342,00	0,59	0,06	0,01	0,20	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,46	168,60	6,50	185,00	15,00	480,00	130,00	168,60	6,50	8,66
Circón 034	344,00	233,00	0,68	0,05	0,01	0,19	0,02	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,37	170,10	6,50	175,00	16,00	430,00	120,00	170,10	6,50	2,80
Circón 035_GIR-6589	2500,00	550,00	0,22	0,05	0,00	0,18	0,01	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,65	170,30	6,80	172,00	12,00	230,00	120,00	170,30	6,80	0,99
Circón 036_GZ-6750	182,00	210,00	1,15	0,06	0,02	0,26	0,06	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,11	180,40	4,80	230,00	50,00	760,00	220,00	180,40	4,80	21,57
Circón 037	571,00	536,00	0,94	0,05	0,01	0,20	0,05	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,10	180,40	4,40	185,00	43,00	280,00	270,00	180,40	4,40	2,49
Circón 038	541,00	724,00	1,34	0,05	0,01	0,21	0,05	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,28	178,40	4,30	196,00	43,00	410,00	270,00	178,40	4,30	8,98

Circón	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	Th/U	Relaciones corregidas										Edades corregidas (Ma)					Disc %	
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	Rho	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	±2σ	Edad óptima (Ma)		±2σ
Cirón 039	264,70	269,80	1,02	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,15	183,30	4,40	215,00	45,00	540,00	220,00	183,30	4,40	14,74
Cirón 040	171,30	172,30	1,01	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,09	171,90	4,30	197,00	47,00	550,00	280,00	171,90	4,30	12,74
Cirón 041	633,00	812,60	1,28	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,10	175,30	4,30	181,00	42,00	350,00	270,00	175,30	4,30	3,15
Cirón 042	521,00	517,00	0,99	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,12	174,80	4,60	174,00	35,00	450,00	600,00	174,80	4,60	-0,46
Cirón 043	205,00	218,00	1,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,10	193,00	4,50	204,00	43,00	520,00	240,00	193,00	4,50	5,39
Cirón 044	164,50	81,50	0,50	0,18	0,24	0,03	0,03	0,00	0,02	0,02	0,14	203,40	8,90	570,00	110,00	2590,00	290,00	2590,00	290,00	64,32
Cirón 045	253,00	263,00	1,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,24	178,20	5,20	178,00	38,00	460,00	190,00	178,20	5,20	-0,11
Cirón 046	348,00	246,00	0,71	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,43	177,60	4,50	176,00	38,00	290,00	270,00	177,60	4,50	-0,91
Cirón 047	293,00	282,40	0,96	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,26	178,60	4,20	181,00	44,00	490,00	290,00	178,60	4,20	1,33
Cirón 048	453,00	328,00	0,72	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,46	169,20	4,50	174,00	41,00	470,00	360,00	169,20	4,50	2,76
Cirón 049	261,00	205,00	0,79	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	196,40	4,60	199,00	42,00	300,00	210,00	196,40	4,60	1,31
Cirón 050	866,00	789,00	0,91	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,24	188,90	4,30	188,00	38,00	260,00	270,00	188,90	4,30	-0,48
Cirón 051	160,40	74,10	0,46	0,07	0,07	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,12	189,00	6,30	244,00	52,00	850,00	250,00	189,00	6,30	22,54
Cirón 052	643,00	815,00	1,27	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,24	177,90	4,00	185,00	42,00	320,00	300,00	177,90	4,00	3,84
Cirón 053	313,00	266,50	0,85	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	179,40	4,20	219,00	47,00	610,00	260,00	179,40	4,20	18,08
Cirón 054	199,70	156,50	0,78	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,34	182,50	4,80	192,00	42,00	400,00	210,00	182,50	4,80	4,95
Cirón 055	374,00	350,00	0,94	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	177,20	4,60	191,00	42,00	540,00	270,00	177,20	4,60	7,23
Cirón 056	359,00	600,00	1,67	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,35	182,90	8,40	203,00	80,00	460,00	450,00	182,90	8,40	9,90
Cirón 057	224,00	159,80	0,71	0,06	0,06	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,12	184,50	4,90	210,00	43,00	550,00	300,00	184,50	4,90	12,14
Cirón 058	580,00	573,00	0,99	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,00	0,42	175,50	3,90	173,00	36,00	220,00	190,00	175,50	3,90	-1,45
Cirón 059	324,00	421,00	1,30	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,06	180,10	4,60	190,00	42,00	410,00	300,00	180,10	4,60	5,21
Cirón 060	389,50	498,00	1,28	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,10	188,20	4,30	189,00	40,00	290,00	280,00	188,20	4,30	0,42
Cirón 061	389,00	409,70	1,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,15	180,60	4,00	184,00	38,00	290,00	220,00	180,60	4,00	1,85
Cirón 062	172,90	200,50	1,16	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,30	180,40	5,00	187,00	43,00	510,00	300,00	180,40	5,00	3,53
Cirón 063	103,50	35,30	0,34	0,09	0,51	0,21	0,21	0,01	0,08	0,05	0,48	1253,00	36,00	1270,00	160,00	1330,00	280,00	1330,00	280,00	1,34
Cirón 064	470,20	367,90	0,78	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,10	178,20	3,80	169,00	33,00	240,00	280,00	178,20	3,80	-5,44
Cirón 065	326,00	275,00	0,84	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,10	190,00	4,40	193,00	39,00	450,00	250,00	190,00	4,40	1,55
Cirón 066	924,00	1440,00	1,56	0,05	0,05	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,19	171,80	4,20	183,00	44,00	330,00	360,00	171,80	4,20	6,12
Cirón 067	2250,00	3290,00	1,46	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,37	175,90	3,60	176,00	36,00	190,00	220,00	175,90	3,60	0,06
Cirón 068	157,30	164,20	1,04	0,07	0,07	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	204,00	5,80	265,00	56,00	930,00	280,00	204,00	5,80	23,02
Cirón 069	893,00	923,00	1,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	179,50	4,20	182,00	37,00	260,00	250,00	179,50	4,20	1,37
Cirón 070_GZ-6750	239,80	197,00	0,82	0,07	0,07	0,03	0,03	0,00	0,01	0,01	0,11	190,60	4,90	258,00	54,00	960,00	260,00	190,60	4,90	26,12

Afloramiento del Monzogranito de Algeciras, al oriente de Rivera, Huila



