

MONZOGRANITO DE LA CORCOVA

» **Cordillera Oriental**
Departamento de Santander

Gabriel Rodríguez, Ana María Correa Martínez,
Gilberto Zapata y María Isabel Arango

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Triásico-Jurásico

Citación: Rodríguez, G., Correa Martínez, A. M., Zapata, G. y Arango, M. I. (2020). Monzogranito de La Corcova. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Macizo de Santander*. Vol. 1. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585279445.4>

La actividad magmática triásico-jurásica está evidenciada por el emplazamiento de cuerpos intrusivos graníticos, hipoabisales y vulcanismo riolítico-riodacítico en el basamento metamórfico del Macizo de Santander.

Los cuerpos intrusivos alargados se presentan orientados en dirección preferencial norte-noroeste, los cuales concuerdan con el rumbo de las fallas regionales que delimitan las diferentes unidades del macizo, principalmente la falla de Bucaramanga.

Uno de estos cuerpos, producto del magmatismo de arco continental triásico-jurásico, corresponde al Monzogranito de La Corcova. En el presente catálogo, como aporte al desarrollo del conocimiento geológico del país, se incluyen análisis petrográficos, químicos y edades radiométricas U-Pb de este plutón.

1. Origen del nombre, distribución geográfica y reseña histórica

La denominación *Monzogranito de La Corcova* atiende a su composición modal predominante y a su localización geográfica cerca del corregimiento de La Corcova (Santander), sobre la vía Bucaramanga-Pamplona.

1.1. Distribución geográfica

El Monzogranito de La Corcova aflora en las vecindades de la localidad de La Corcova, sobre la carretera Bucaramanga-Pamplona. Es un plutón de forma tabular alargada en sentido N-S, con una extensión en el eje mayor de aproximadamente 15 km y un ancho variable promedio de 3 km, con un área aproximada de 103,4 km². La localización de sus afloramientos se puede observar en las planchas geológicas 109 Río Negro (Ward *et al.*, 1977a), 110 Pamplona (Ward *et al.*, 1970), 120 Bucaramanga (Ward *et al.*, 1977b) y 121 Cerrito (Ward *et al.*, 1977c) (figura 1).

1.2. Reseña histórica

Goldsmith *et al.*, (1971) propusieron el término cuarzomonzonita de La Corcova en el trabajo sobre dataciones radiométricas del Macizo de Santander, sin hacer una descripción litológica de la unidad. Posteriormente Ward *et al.*, (1973) describen las rocas de la Cuarzomonzonita de La Corcova, que afloran en las vecindades de la localidad de La Corcova, sobre la carretera Bucaramanga-Pamplona. Dichos autores correlacionaron algunos cuerpos con el Monzogranito de La Corcova, tales como los que afloran al noreste del plutón principal en los cuadrángulos H-12 y H-13, plutones pequeños en el Neis de Bucaramanga al este de Chitagá y cuerpos intrusivos cerca de Vetas y Morro Nevado (cuadrángulo H-13). En la Plancha 136 Málaga rocas de esta unidad, probablemente, aparecen cartografiadas como cuarzomonzonita de Santa Bárbara. Dada la falta de certeza geológica de que correspondan a un mismo pulso magmático, en el presente estudio no se incluyen estas rocas como parte del Monzogranito de La Corcova.

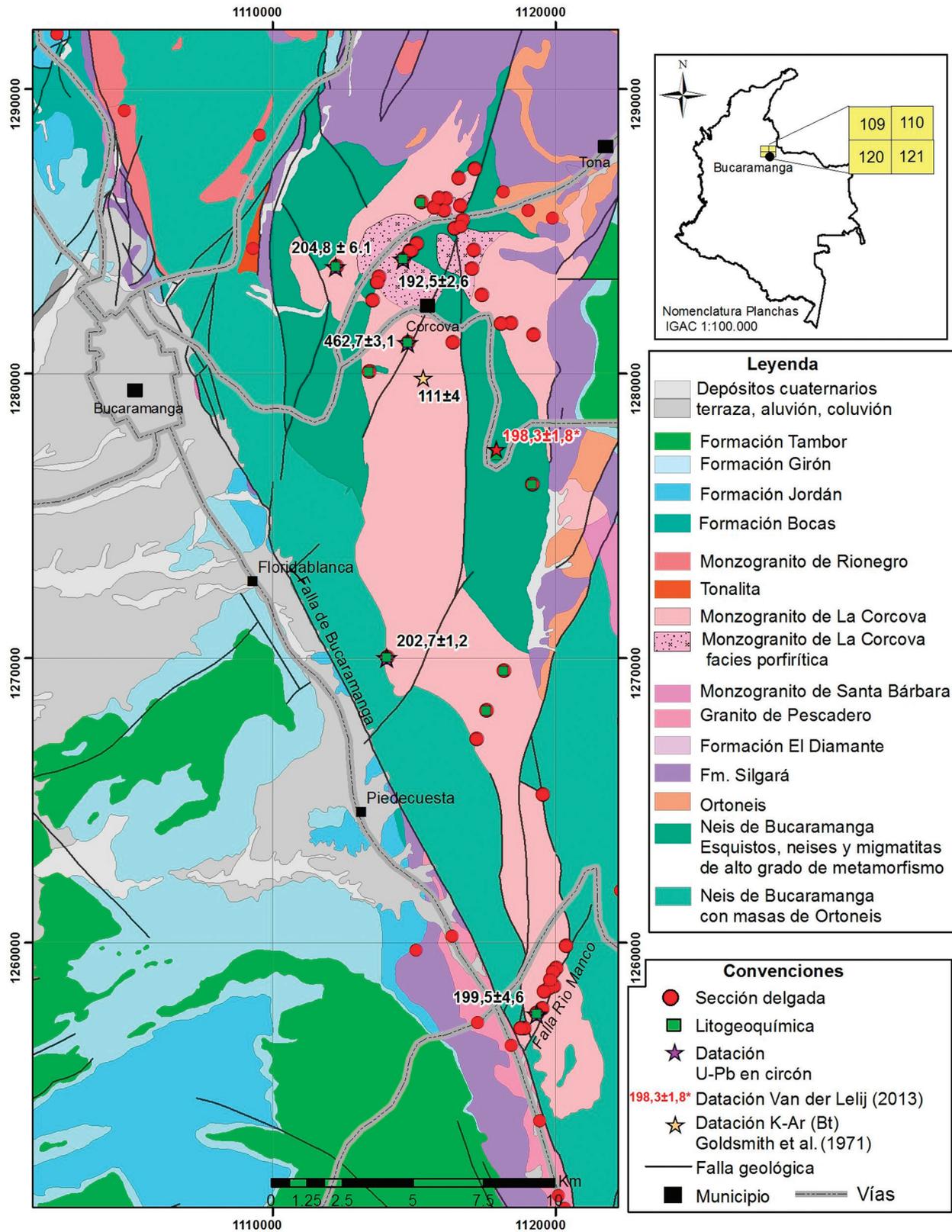


Figura 1. Localización del Monzogranito de La Corcova y distribución del muestreo

Fuente: Ward *et al.* (1970, 1977 a, b, c) y este trabajo

2. Descripción geológica

2.1. Marco geológico

El Macizo de Santander es parte de un bloque de forma triangular limitado por las fallas de Santa Marta-Bucaramanga en el lado occidental, la falla de Oca-Ancón en el lado norte y la falla de Boconó en el lado oriental.

Las rocas más antiguas del Macizo de Santander comprenden unidades metamórficas como el Neis de Bucaramanga (Ward *et al.*, 1973), denominado también Complejo Bucaramanga (Clavijo, 1994). El Neis de Bucaramanga está constituido por paragneises migmatíticos de edad Proterozoico (Goldsmith *et al.*, 1971; Restrepo Pace *et al.*, 1997; García y Ríos, 1999; Cordani *et al.*, 2005; Ordóñez *et al.*, 2006) a los cuales se les ha determinado un pico de metamorfismo de edad 1057 ± 28 Ma mediante el método U/Pb-SHRIMP en circón, relacionándolos con la orogenia Grenvilliana (Ordóñez *et al.*, 2006).

Las edades de las unidades cartografiadas como Neis de Bucaramanga y Ortoneis, publicadas por Van der Lelij *et al.*, (2016), y las obtenidas en el presente estudio por el método U/Pb-ICP-MS en circones, indican que el metamorfismo y la cristalización de estas dos unidades ocurrieron en el Ordovícico.

El Neis de Bucaramanga está cubierto por la formación Silgará, constituida por esquistos, filitas, metalodolitas, metaareniscas y escasos mármoles, rocas que hacen parte del basamento del Macizo de Santander (Ward *et al.*, 1973; García y Ríos, 1999; Ríos *et al.*, 2003; Mantilla *et al.*, 2013; Mantilla *et al.*, 2016). La formación Silgará presenta edades de metamorfismo del Ordovícico relacionadas con la orogenia caledoniana (Ríos *et al.*, 2003; Ordóñez Cardona *et al.*, 2006; Clavijo *et al.*, 2008; Mantilla *et al.*, 2013).

Datos geocronológicos obtenidos en este proyecto muestran magmatismo posterior y anterior al metamorfismo, representado por metavulcanitas y plutones que intruyen el basamento metamórfico, con edades U/Pb en circón del Silúrico, Devónico Inferior, Carbonífero y límite Triásico-Jurásico.

Se considera que los plutones triásico-jurásicos del Macizo de Santander fueron emplazados en rocas metamórficas del terreno Chibcha, en el sentido de Restrepo y Toussaint (1988) y Restrepo *et al.*, (2011), o del Terreno Santander de Etayo *et al.* (1983). Estos plutones están emplazados en rocas metamórficas Ordovícicas relacionadas con la orogenia famatiniana, y probablemente no

tienen relación con el arco continental más joven, del Jurásico temprano a Medio, del valle superior del Magdalena, la serranía de San Lucas y la Sierra Nevada de Santa Marta, emplazado en el basamento metamórfico grenvilliano, del cual no se han reportado rocas metamórficas relacionadas con la orogenia famatiniana.

Durante el límite Triásico-Jurásico se desarrolló un importante magmatismo de arco continental, con el emplazamiento de grandes batolitos, *stocks* graníticos y cuerpos riolíticos subvolcánicos localizados hacia la margen occidental del Macizo de Santander, dentro del basamento metamórfico paleozoico.

Unidades sedimentarias cretácicas reposan discordantes sobre el basamento metamórfico y sobre los plutones. Con posterioridad a la sedimentación cretácica tuvo lugar un escaso magmatismo, durante el Mioceno, que emplazó pequeños cuerpos de pórfidos con mineralizaciones de oro (Leal, 2011; Mantilla *et al.*, 2013).

2.2. Características macroscópicas de las rocas del Monzogranito de La Corcova

Ward *et al.* (1973) afirman que el Monzogranito de La Corcova presenta una facies típica en la mayor parte del cuerpo intrusivo de composición granítica, una segunda facies porfirítica bien expuesta al oeste de La Corcova y en la carretera que conduce a Tona (cuadrángulo H-12), cerca del río del mismo nombre. Adicionalmente, reconocen facies menores ricas en biotita de grano fino con algo de hornblenda, expuestas localmente en la carretera Bucaramanga-Pamplona, al este de La Corcova, en la carretera de Los Curos a Guaca y al este del río Manco.

Diques y pequeños cuerpos de composición cuarzo-monzonita, se encuentran intruyendo el Monzogranito de La Corcova, siendo más abundantes al norte del plutón, al este de Bucaramanga.

Las rocas del Monzogranito de La Corcova son de color blanco moteadas de negro a gris, cuando están frescas. Sus productos de alteración son de color amarillo claro moteados de gris y negro.

Dichas rocas son faneríticas de grano fino a medio, principalmente equigranulares, con textura sacaroide, y presentan biotita uniformemente diseminada (figura 2). Localmente presentan una débil estructura fluidal por orientación de todos los minerales, y tiende a meteorizar esferoidalmente.

La facies porfirítica contiene fenocristales rosados de feldespatos alcalinos en una matriz de grano fino a medio

granular sacaroidea, aunque de grano ligeramente más fino que el monzogranito normal de La Corcova (figura 2). La facies rica en biotita también exhibe textura sacaroide de grano fino. Localmente, las rocas se tornan ligeramente porfíricas, con fenocristales de plagioclasa blanca. Hacia los bordes del plutón se presentan facies más básicas, de cuarzdioritas a cuarzomonzonitas, equigranulares, de grano fino, de color blanco moteadas de negro, compuestas por cristales de plagioclasa subhedral, y en menor proporción, cristales de cuarzo con contenidos mayores de biotita y hornblenda (figura 2).

El Monzogranito de La Corcova intruye al Neis de Bucaramanga, presenta xenolitos y techos colgantes de neises (figura 3), e igualmente intruye rocas de la formación Silgará en el sector norte del cuerpo. La “cuarzomonzonita” rosada de la facies porfírica del Monzogranito de La Corcova corta la “cuarzomonzonita” gris típica (Ward *et al.*, 1973). Localmente se presentan diques aplíticos de monzogranitos, riolitas porfídicas y venas de cuarzo.

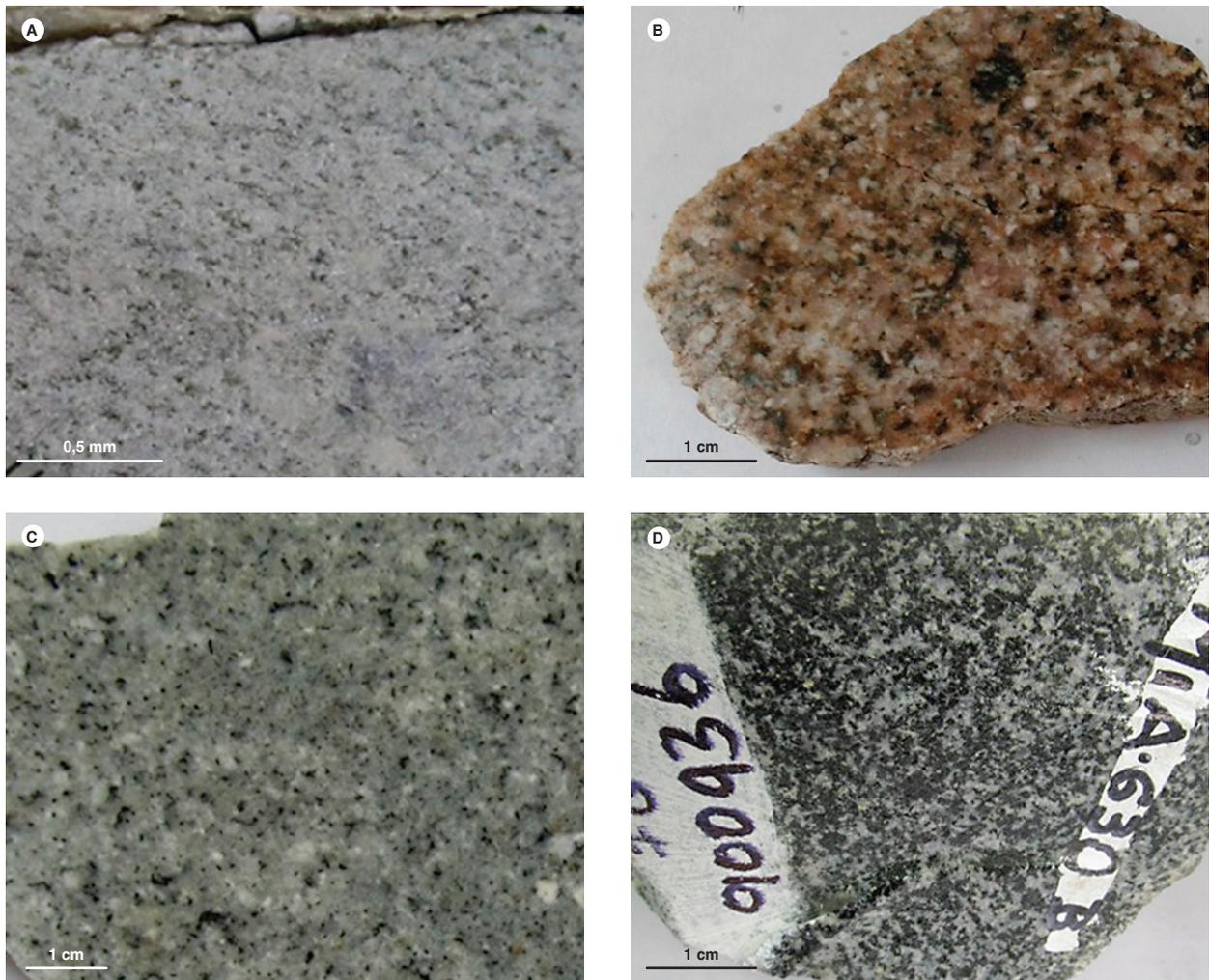


Figura 2. Aspecto macroscópico del Monzogranito de La Corcova. A) Muestra AMC-0129, monzogranito. B) Muestra LMC-078, ligeramente alterada. Facies porfídica. C) Muestra AMC-0131. D) Muestra MIA-630B, cuarzdiorita de borde

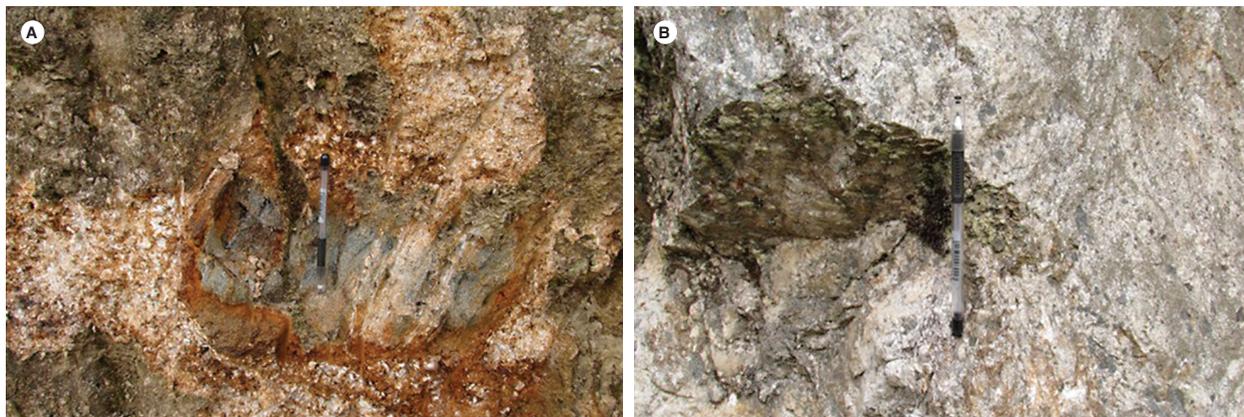


Figura 3. Xenolitos de la Formación Silgará dentro del Monzogranito de La Corcova, Estación GR-6721. Coordenadas: N: 1119073, W: 1276559

2.3. Características microscópicas de las rocas del Monzogranito de La Corcova

Se analizaron 39 secciones delgadas del Monzogranito de La Corcova, dos muestras de diques que se clasificaron como riolita porfídica y microsienogranito, y trece secciones de rocas metamórficas presentes como xenolitos, techos colgantes y rocas de caja, once de las cuales se clasificaron como granofelsas y neises cuarzo-feldespáticos, una como esquisto de cuarzo, biotita y sillimanita, y otra como anfibolita.

En el presente trabajo se conserva la nomenclatura de facies propuesta por Ward *et al.* (1973), quienes separan tres tipos de “cuarzomonzonitas” del Monzogranito de La Corcova: la típica, la porfírica y la rica en biotita (tabla 1).

El plutón está constituido principalmente por monzogranitos que pueden variar localmente a sienogranitos y granodioritas, y hacia los bordes del cuerpo intrusivo, a cuarzodioritas, cuarzomonzonitas y tonalitas (figura 4, tabla 1). En general, las rocas son faneríticas de grano fino a medio, de color blanco a gris moteado de negro, equi e inequigranulares, localmente bimodales y ligeramente porfídicas. Están constituidas por cristales de feldespato alcalino de color blanco, cuarzo blanco translúcido y plagioclasa blanca lechosa. Como minerales máficos se presentan biotita y, en menor proporción, hornblenda; como accesorios menores se reconocieron apatito, circon, opacos y, en algunas rocas, allanita y titanita.

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

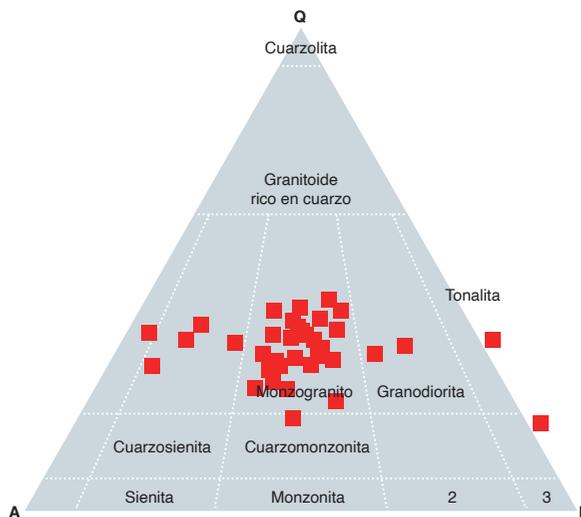


Figura 4. Clasificación modal de rocas del Monzogranito de La Corcova

Fuente: Streckeisen (1974) y este trabajo

Tabla 1. Composición modal de rocas del Monzogranito de La Corcova

IGM	N. campo	X	Y	Qtz	Pl	Fsp	Hbl	Bt	Ms	Op	Ap	Zrn	Ttn	Ep	Otros	Clasificación petrográfica
Facies típica																
74895	HM 1568	1123200	1298360	36	6	58		x				x				Granito de feldespato alk.
74627	HM-1443	1137080	1305320	28	43	13		7,5	7,5	x	x	x		Tr	1	Granodiorita
37971-1	GIR-1345	1117220	1267140	25	45	21		4		Tr			Tr	5		Milonita (granodiorita)
37175	GIR-213	1118900	1256980	28	28	37		5,7		Tr	Tr		Tr		1,5	Protomilonita (monzogranito)
37982	GIR-1382	1118780	1256980	36	31	31			1		Tr	Tr		1,5		Protomilonita (monzogranito)
37425	GIR-696B	1115880	1286160	26	33	25		16		x		x		Tr		Monzogranito
37429	GIR-712	1116580	1286860	33	26	35		5		1	x	x		Tr		Monzogranito
11036	FM 91	1113760	1283380	37	28	31		2	1					1		Monzogranito
11284	FM 178	1116430	1285080	24	34	39		2,1	Tr	1,1		Tr				Monzogranito
11287	FM 161	1115720	1285830	28	30	38		3		1		Tr		Tr		Monzogranito
11490	FM 407	1119220	1281350	34	32	30		3,5	x	0,5		Tr		Tr		Monzogranito
11492	FM 409	1118420	1281760	30	28	39		3	?	0,5	Tr	Tr		Tr		Monzogranito
11493	FM 410	1118080	1281750	37	24	32		5	Tr	Tr	Tr	Tr		2		Monzogranito
11533	FM 383	1114910	1284310	36	31	26		5	1,5	Tr		Tr		0,5		Monzogranito
37427	GIR-705	1113530	1282560	20	41	30		8		1	TR	TR		Tr	Ru, All	Monzogranito
37999	GIR-1406B	1119550	1265200	33	28	32		6		0,3	Tr	0,4		0,3		Monzogranito
900862	AMC-0129	1113420	1280055	38	28	29		4,5	1,5	0,5	Tr	Tr		Tr		Monzogranito
900929	LMC-077	1112260	1283759	32	29	28		8	2	1	Tr	Tr		Tr		Monzogranito
900930	LMC-078	1115257	1286012	29	34	30		6	Tr	1	Tr	Tr		Tr		Monzogranito
900921	LMC-065	1119186	1276101	30	36	33		1		Tr		Tr		Tr		Monzogranito
900931	MIA-627A	1119356	1257497	34	26	30		1,1	6,7	0,7	1	TR	0,5	TR		Protomilonita
37997	GIR-1401	1119530	1257680	31	25	18		3	10	Tr				3	13	Protomilonita (monzogranito)
37989	GIR-1393	1120380	1259880	27	9,3	57		2,3	2,3					0,2	1,6	Sienogranito
900861	AMC-0128A	1114798	1281084	33	21	43		3,3		0,5	Tr	Tr		Tr		Sienogranito
900909	JGB-460A	1117564	1268142	33	13	51	TR	2	TR	TR	TR			1		Sienogranito
10935	HCH-47	1119790	1258400	33	28	29		Tr	7	Tr				3		Protomilonita
Facies porfídica																
37421	GIR-691B	1116730	1285370	31	46	21		2		x	x	x		Tr		Granodiorita
37746	GIR-702	1113700	1283200	27	29	39		Tr		2,6	2			0,4		Monzogranito
37424	GIR-694B	1116650	1285170	24	29	44		3		x	x	x		Tr		Monzogranito
37426	GIR-698	1114850	1284280	30	34	28		7	x	x	x	x		Tr	1	Monzogranito
11008	HCH 120	1114860	1284300	33	34	23		8		1,5	Tr	Tr	0,5	Tr		Monzogranito
11038	FM 93B	1114911	1284311	28	30	31		9		1,3	Tr	Tr	0,7	Tr		Monzogranito
11039	FM 94	1115100	1284560	35	32	20		9	1	3	Tr	Tr		Tr		Monzogranito
11283	FM 177A	1116635	1285880	24	30	39		7	x	0,5	Tr			Tr		Monzogranito
11245	FM 140A	1117060	1283670	33	35	30		2,5		Tr	Tr	Tr?				Monzogranito
900863	AMC-0131	1114638	1284010	34	13	45		7	0,5	0,8	Tr	0,2		Tr		Sienogranito
Facies intermedia de borde																
900936	MIA-630B	1114060	1270011	9,5	44		26	17		1,2	0,8	1,1	1	Tr	Tr	Cuarzodiorita
11229	FM 125	1117151	1287191	18	38	41		0,5	x	Tr	Tr	Tr			2	Cuarzomonzonita
37992	GIR-1395	1120020	1259100	14	26		29	15		2,5	Tr		1	9	4,5	Tonalita

Las rocas de la facies típica del Monzogranito de La Corcova están compuestas por cuarzo (24 a 37%), plagioclasa (entre 6 y 45%) con contenidos predominantes entre 24 y 34%; feldespato alcalino, principalmente microclina, que varía entre 13 y 58%, y con porcentajes por lo regular de 30 a 45%; la biotita varía de trazas a un 16%, pero generalmente es menor del 3%, y moscovita aparece en trazas hasta 7%. Los accesorios son apatito, opacos

y circón; rara vez allanita y titanita. Los minerales de alteración son clorita, epidota y sericita.

La plagioclasa es de tipo oligoclasa a andesina (An_{27} a An_{30}), y se presenta en cristales anhedrales a subhedrales, de formas irregulares a tabulares cortos, incoloros, con tamaños que varían entre 0,5 y 1,5 mm, y tienen macas de tipo albita, albita-Carlsbad y Carlsbad. En algunas rocas los cristales presentan desmezclas con microclina

en forma de parches, para conformar una textura anti-pertítica. Pueden aparecer texturas mirmequíticas en el contacto con el feldespato alcalino. La plagioclasa generalmente está alterada a saussurita y sericita en agregados microcristalinos, y presenta inclusiones de cuarzo y circón (figura 5).

El feldespato alcalino es ortosa pasando a microclina. Se encuentra en cristales anhedral de forma irregular, incoloros, cuyo tamaño oscila entre 0,5 y 1,5 mm; en algunas rocas inequigranulares bimodales, hasta de 2 mm, generalmente con macla de periclina y albita en enrejado. Esta última se presenta en algunos sectores del

crystal o en su totalidad; la birrefringencia es gris clara de primer orden. Se observa textura pertítica por desmezcla de plagioclasa en forma de “flamas”; puede ser poiquilítica con inclusiones de cuarzo redondeado, plagioclasa, biotita y moscovita en menor proporción. Algunas rocas presentan textura micrográfica con desarrollo de cuarzo en forma cuneiforme dentro de los feldespatos.

Los cristales de cuarzo son anhedral con bordes irregulares, incoloros, con caminillos de polvo. Su tamaño oscila entre 0,7 y 1,5 mm. En ellos se advierte birrefringencia débil de primer orden y extinción ondulatoria. Presentan inclusiones de plagioclasa, circón y opacos.

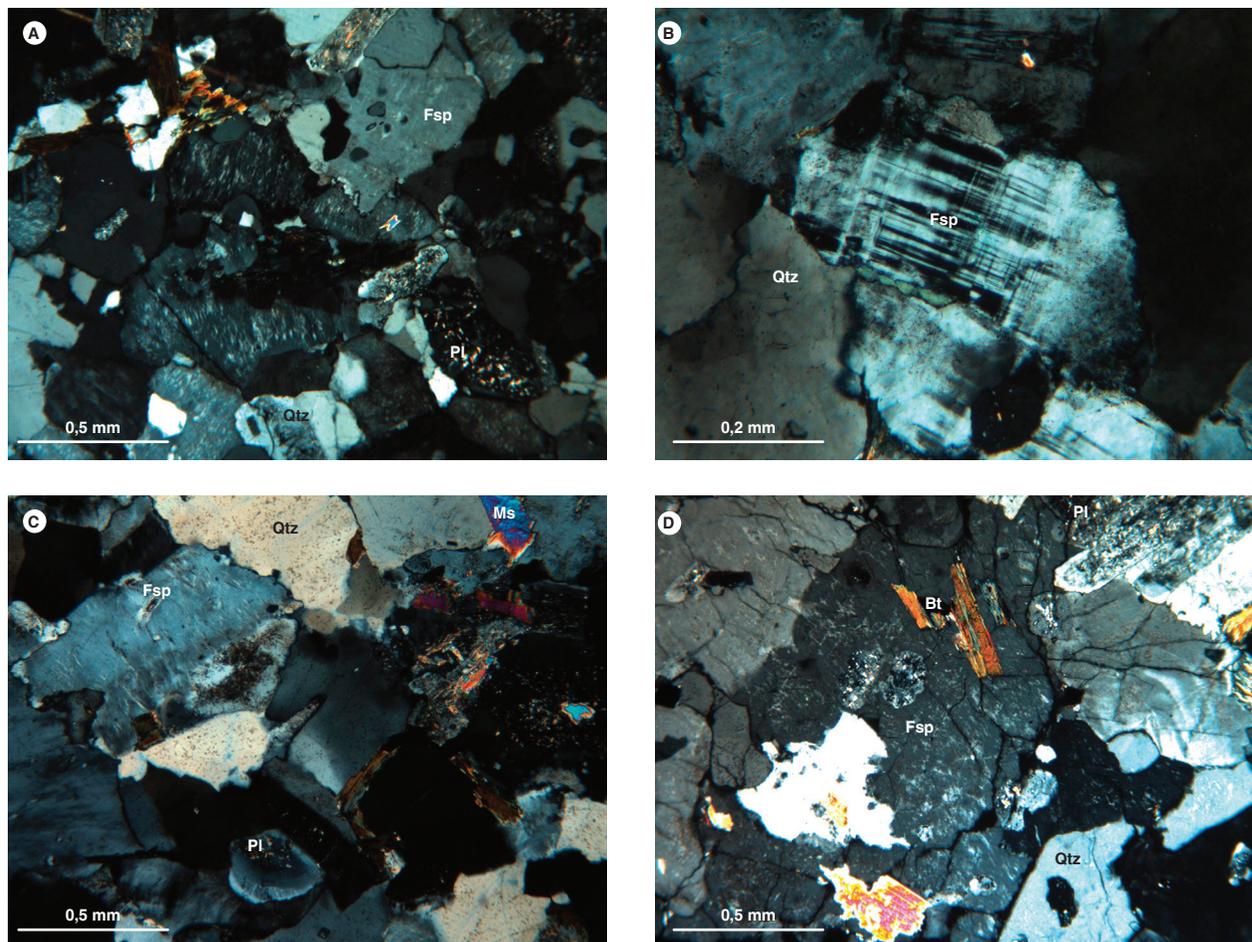


Figura 5. Aspecto microscópico de rocas monzograníticas del Monzogranito de La Corcova. XPL. A) IMN-11490, cristales de feldespato potásico (Fsp) con micropertitas, con inclusiones de cuarzo (Qtz). B) IGM-900862, feldespato potásico (microclina) (Fsp) y cuarzo (Qtz). C) IGM-900929, cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl) y feldespato (Fsp) con textura pertítica y moscovita (Ms) como mineral accesorio. D) IMN-11492, feldespato potásico poiquilítico (Fsp) con inclusiones de plagioclasa (Pl), biotita (Bt) y moscovita (Ms)

La biotita es escasa en la mayoría de las rocas. Se presenta en láminas subhedrales a euhedrales, de hábito tabular, con pleocroísmo de marrón oscuro a claro, y su tamaño promedio es de 0,5 mm. Algunos cristales presentan alteración a clorita (parcial o total) con birrefringencia anómala azul Berlín. Puede aparecer epidota secundaria en agregados.

Algunas rocas presentan moscovita en láminas tabulares subhedrales, de tamaño < 0,3 mm, con birrefringencia fuerte de segundo orden (fucsia-verde encendido), y extinción en ojo de pájaro. Generalmente aparecen como inclusiones en feldespato alcalino o intersticial, entre los minerales principales.

Los minerales opacos pueden presentarse como cristales subhedrales a anhedrales, diseminados en la roca. Localmente, los opacos muestran epidota-clinozoisita en sus bordes, y son menores de 0,2 mm.

Se presentan cristales prismáticos finos (entre 0,05 y 0,15 mm) de circón, generalmente junto a —o como inclusiones dentro de— la biotita, algunos formando halos pleocroicos.

Rocas de la facies porfírica. Exhiben una textura semejante a la de la facies normal, si bien varía de inequigranular bimodal seriada a equigranular. Corresponden principalmente a monzogranitos y, en menor proporción, a sienogranitos y granodioritas. El feldespato alcalino generalmente es de mayor tamaño que los otros minerales. Poiquilítico, puede tener desmezclas pertíticas y, en algunos cristales, zonación concéntrica; corresponde a ortosa, y en algunas muestras pasa a microclina. La plagioclasa es ligeramente más abundante que la microclina, de composición An_{29} a An_{31} , y puede desarrollar intercrecimientos mirmequíticos. El cuarzo se presenta como cristales anhedrales y como inclusiones irregulares en feldespatos. Los contenidos de feldespato alcalino varían entre 20 y 41%; el cuarzo, entre 24 y 35%; la plagioclasa, entre 13 y 46%; la biotita, en proporciones menores del 9%; la moscovita está presente en trazas.

Los minerales accesorios son circón, apatito y opacos; esporádicamente se reconocieron allanita y titanita (figura 6).

Facies de borde. Está representada por rocas de composición cuarzodiorita-cuarzomonzonita (con feldespato alcalino entre 35 y 65%), tonalita (con más del 20% de cuarzo), con textura granular a inequigranular, con mayores contenidos de minerales máficos, como biotita, que puede llegar hasta un 17%, y por hornblenda, que puede alcanzar el 27%. La moscovita está ausente. Como minerales accesorios se encuentran opacos, apatito, circón, allanita y titanita (figura 6).

El cuarzo se encuentra en cristales xenomorfos incoloros de tamaños que varían entre 0,8 y 1,4 mm. La plagioclasa corresponde a andesina y se presenta en cristales subidiomorfos tabulares incoloros con alteración principalmente en los núcleos a sericita, presentan inclusiones de apatito, opacos y biotita.

La hornblenda es de color verde, con pleocroísmo X: verde claro, Y: verde, y Z: verde oscuro, con inclusiones de biotita, apatito y opacos. Se encuentra junto a titanita y se altera moderadamente a epidota.

La biotita aparece en láminas de tamaños entre 0,6 y 0,8 mm; es subidiomorfa, de color verde, que indica bajo contenido de Ti y Fe^{+3} y alto Fe^{+2} . Es pleocroica de verde oscuro a verde pálido, con extinción moteada. Presenta inclusiones de apatito, opacos, titanita y circón (figura 7).

Los minerales accesorios son apatito en cristales euhedrales con cortes basales hexagonales y longitudinales prismáticos, de tamaños menores de 0,5 mm; titanita en cristales xenomorfos de color pardo formando agregados con hornblenda y opacos; circones en cristales subidiomorfos prismáticos tetragonales, incoloros, de alto relieve, se encuentran como inclusiones en cuarzo y en los agregados de biotita y hornblenda, con tamaños entre 0,05 y 0,1 mm; opacos xenomorfos, algunos de formas equidimensionales, también presentes como inclusiones en minerales máficos como hornblenda y biotita. La allanita aparece en cristales anhedrales de color rojizo fuerte, pleocroico, con extinción recta. Se encuentra junto a hornblenda, biotita y epidota.

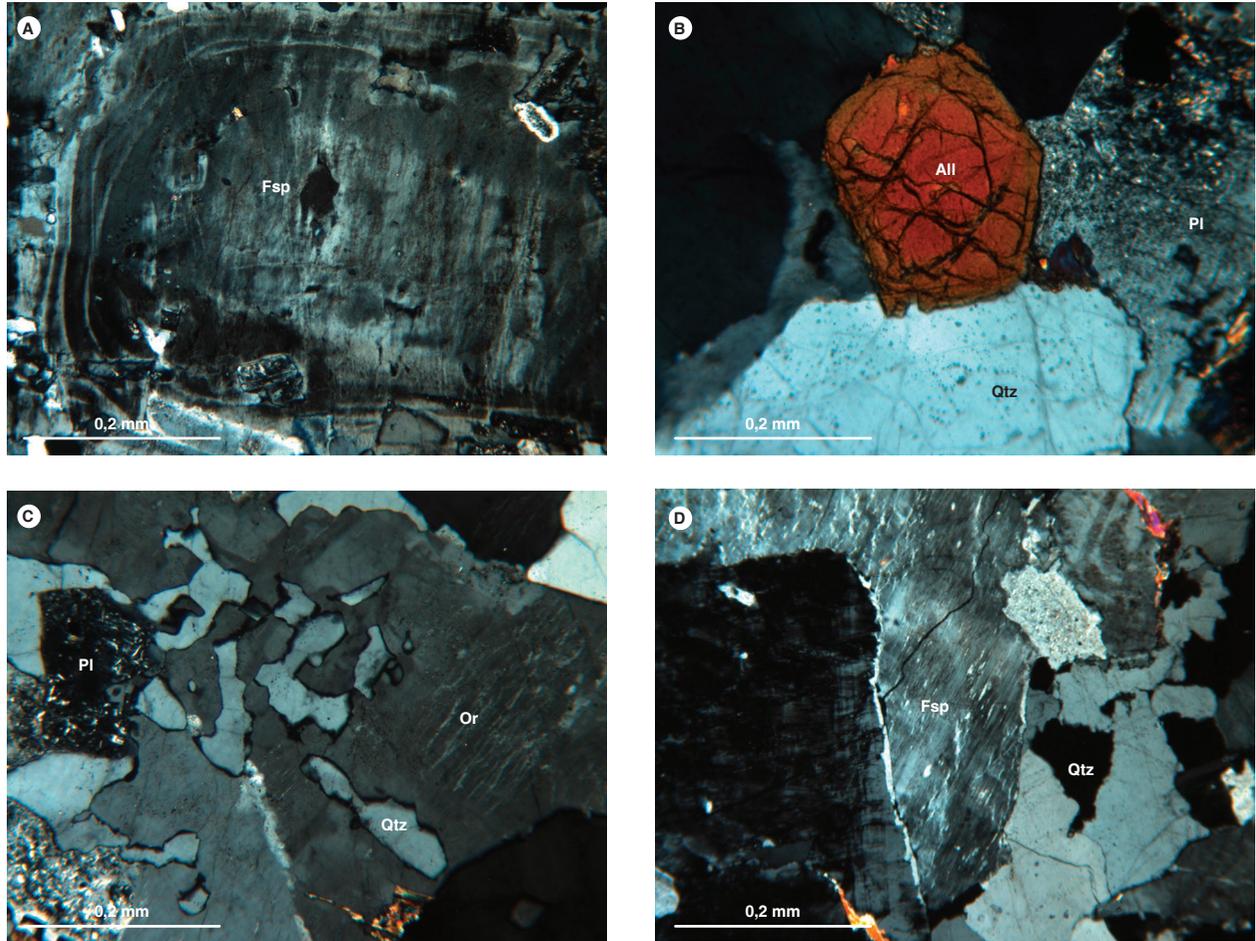


Figura 6. Aspecto microscópico de rocas de las facies porfirítica. A) IGM-900863, sienogranito. Textura inequigranular, feldespato potásico (Fsp) con zonación concéntrica, y pertitización. B) Monzogranito. IMN-11008, cristal de allanita (All) junto a plagioclasa (Pl) y cuarzo (Qtz). C) Monzogranito IMN-11038. Textura micrográfica en un cristal de ortoclasa (Or) con textura pertítica; plagioclasa alterada a sericita (Pl). D) Monzogranito IMN-11283. Feldespato potásico pertitizado (Fsp). Bordes de reacción entre cristales

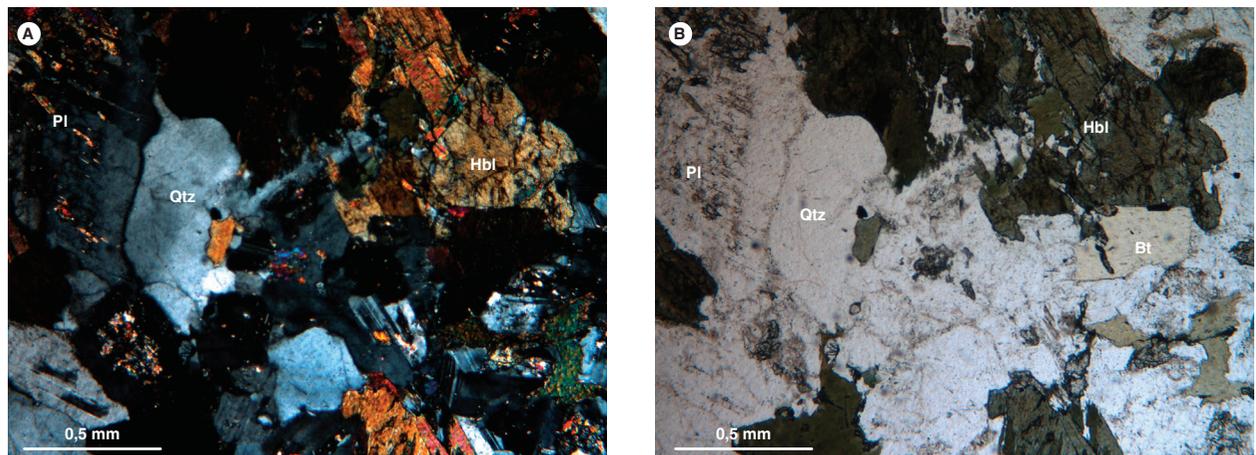


Figura 7. Aspecto microscópico de rocas de la facies de borde. IGM-900936, cuarzodiorita XPL y PPL. Aumento: 4X. La roca muestra una textura holocristalina subidiomorfa, y está compuesta por cuarzo (Qtz), hornblenda (Hbl), plagioclasa (Pl) y láminas de biotita (Bt)

Xenolitos. Corresponden a bloques del Neis de Bucaramanga, y ocasionalmente a esquistos de la Formación Silgará embebidos en la roca granitoide del Monzogranito de La Corcova, o techos colgantes sobre este. Aparecen dispersos dentro del plutón o hacia los bordes de contacto, tanto en la margen occidental como en la oriental del cuerpo intrusivo.

Se analizaron trece secciones delgadas de dichas rocas metamórficas (tabla 2). Las rocas se clasificaron como

granofelsas cuarzo-feldespáticas (ocho); neises de cuarzo, feldespato con moscovita y/o biotita-epidota (tres); esquistos de biotita, silimanita con cuarzo y cordierita (una), anfibolita (una) y un monzogranito. Las rocas metamórficas tienen textura granoblástica, son inequigranoblásticas, granolepidoblásticas y lepidoblásticas. Los neises y granofelsas presentan texturas de intercrecimientos simplectíticos de biotita y epidota, mirmequitas y desmezclas pertíticas.

Tabla 2. Muestras de xenolitos y cuerpos metamorfos incluidos en el Monzogranito de La Corcova

IGM	N. campo	X	Y	Qtz	Pl	Fsp	Hbl	Bt	Ms	Op	Ap	Zrn	Ttn	Ep/All	Sil	Crd	Clasificación petrográfica
37981	GIR-1376A	1119330	1257520	20	46	22		9		0,5	0,5	Tr		2			Neis de Qtz-Fsp con Bt y Ep
37981	GIR-1376B	1119330	1257520	43,8	21,6	26,6		0,5	5,2	Tr				2,3			Neis de Qtz, Fsp con Ms y Bt
900932	MIA-627B	1119356	1257497	21,4	37,6		35,4	4,2		1,4	Tr	Tr	Tr	Tr			Anfibolita
37428	GIR-711	1117410	1282740	14	6			39	4	Tr	Tr	Tr			28	9	Esquisto de Bt-Sill con Qtz y Crd
11503	FM 443	1116370	1281090	28	38	17		14	1,5	Tr		Tr					Granofels de Qtz, fsp y Bt
10934	HCH-46	1119940	1258450	42	22	23		5	2	Tr		Tr		6			Granofels de Qtz, fsp y Bt
37996	GIR-1398	1119600	1258280	31	27	26		8	1	Tr	Tr	Tr	3	4			Granofels de Qtz, fsp y Bt
37993	GIR-1396	1119930	1258960	36	20	26		15			Tr	Tr	Tr	3			Granofels de Qtz, fsp y Bt
37994	GIR-1397A	1119830	1258680	35	25	21		6	4	1	Tr	Tr	1	7			Granofels de Qtz-Fsp-Ep-Bt
37990	GIR-1393B	1120380	1259880	32	20	16		7	11	Tr		Tr	Tr	14			Granofels de Qtz-Fsp-mica-Ep
900937	MIA-631	1118186	1269536	26	34,3	17,2		14,6	TR	0,5	TR	1,1	6,3	TR			Granofels de Pl+Qtz+Kfs+Bt
11255	FM 147	1116130	1286140	41	12	34		13		Tr	Tr	Tr					Granofelsa de Qtz-Fsp-Pl-Bt
11228	FM 124	1117150	1287190	30,3	30,3	36,1		0,9	0,9							1,5	Granofelsa de Fsp-Qtz-Pl

Qtz: cuarzo; Pl: plagioclasa; Fsp: feldespato de potasio; Hbl: hornblenda; Bt: biotita; Ms: moscovita; Op: opacos; Zrn: circón; Ttn: titanita; Ep: epidota; Sil: silimanita; Cdr: cordierita; All: allanita

Las granofelsas y neises están constituidos por cuarzo en proporciones que oscilan entre el 20 y el 44% (figura 8), en cristales xenomorfos con extinción ondulatoria, algunas veces con bordes irregulares, suturados, formando mosaicos orientados o como inclusiones en plagioclasa y feldespato alcalino, a manera de gotas subredondeadas. La plagioclasa es de tipo andesina (An_{33} a An_{36}), y su proporción varía entre 12 y 46%; se presenta como cristales subidioblásticos con maclas de albita y albita-Carlsbad, algunas con macla de la periclina.

El feldespato alcalino corresponde a ortosa u ortosa invirtiéndose a microclina. Presenta maclas de Carlsbad y localmente el maclado típico de la microclina, normal-

mente con desmezclas pertíticas en forma de flamas y parches. La biotita se presenta en láminas orientadas, entre los cristales de cuarzo, plagioclasa y ortoclasa; es subidioblástica de color castaño, pleocroica de verde claro a castaño o verde oscuro, con extinción paralela, en ojo de pájaro, y aparece generalmente junto a epidota, titanita y sericita. La epidota se encuentra en agregados xenoblásticos de relieve alto, incoloros a verde amarillentos, con pleocroísmo y colores de interferencia del primer y segundo orden, junto a biotita y sericita. Como minerales accesorios se presentan apatito, opacos, moscovita, titanita, circón de formas prismáticas cortas subredondeadas y algunos cristales de allanita.

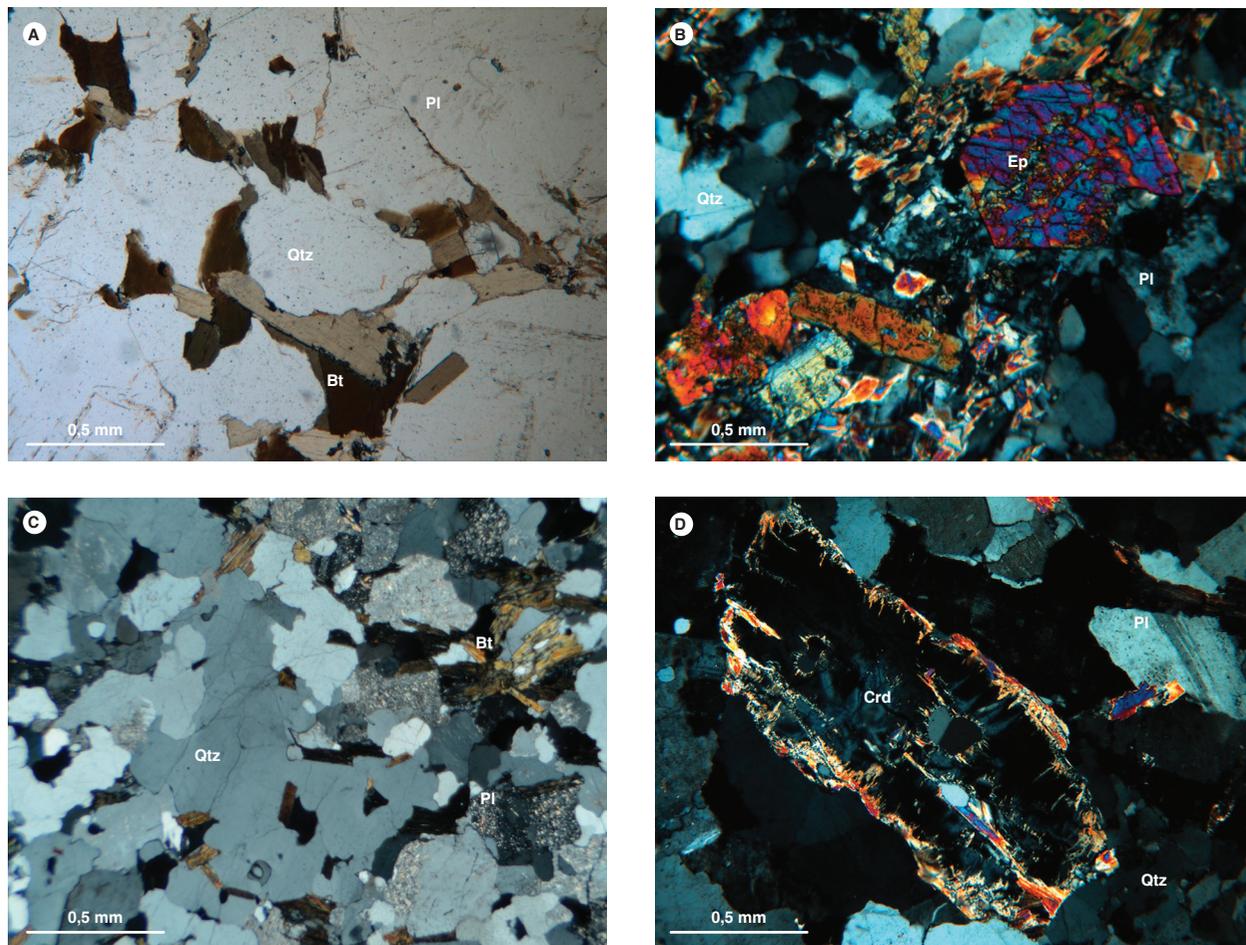


Figura 8. Aspecto microscópico de xenolitos metamórficos. A) Granofelsa de Qtz, Fsp y Bt-INM-37993. Cristales de cuarzo (Qtz), plagioclasa (Pl), ortoclasa (Or) y biotita (Bt). B) Granofelsa de Qtz-Fsp-mica-Ep-INM-37990, cristales de epidota (Ep)-clinozoicita y cuarzo (Qtz) en mosaicos. C) Granofelsa de Qtz-Fsp-Pl-Bt-INM-11255. La roca presenta textura granoblástica con biotitas definiendo foliación discontinua. D) Granofelsa de Fsp-Qtz-Pl-INM-11228. Cristal de cordierita completamente alterada, junto a plagioclasa (Pl) y cuarzo (Qtz)

Rocas de dique. Se analizaron dos muestras de diques que atraviesan el Monzogranito de La Corcova (tabla 3).

Una muestra de riolita (INM-11241) presenta textura porfídica y microtexturas gráfica y mirmequítica.

Los fenocristales son de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y algunos de biotita, diseminados en una matriz felsítica microgranular. Como minerales accesorios se presentan opacos, circón, titanita y moscovita.

Tabla 3. Composición petrográfica de rocas de dique que cortan el Monzogranito de La Corcova

IGM	N. campo	X	Y	Qtz	Pl	Fsp	Bt	Ms	Op	Zrn	Ttn	Ep	Matriz	Clasificación petrográfica
11241	FM 137	1117115	1284330	33	30	21	3	1	2	Tr	2	Tr	8	Riolita porfírica
11281	FM 175	1116060	1285720	35	11	40	14	1,2				Tr		Microsienogranito

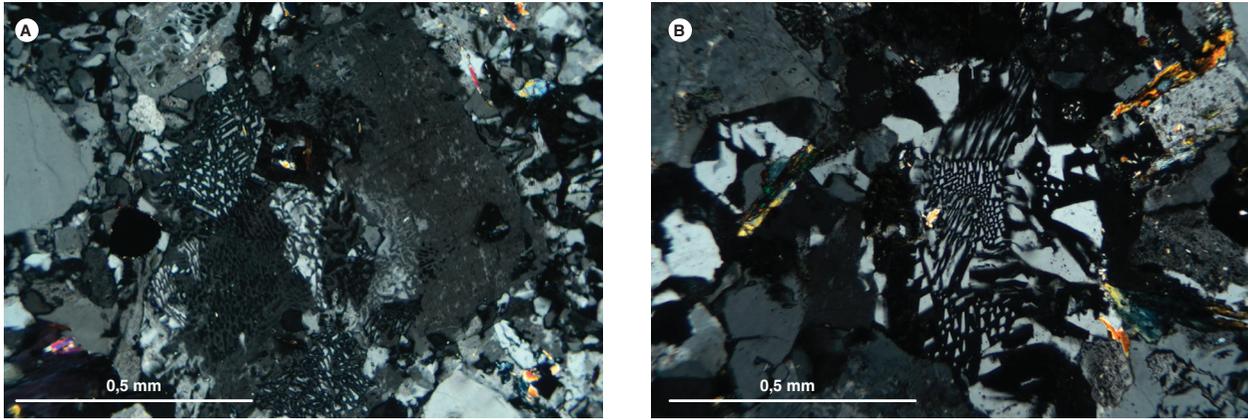


Figura 9. Aspecto microscópico de los diques de riolita (INM-11241) y sienogranito de grano fino (INM -12281) con textura gráfica

Los fenocristales de cuarzo son subredondeados, con tamaños que fluctúan entre 0,1 y 0,5 mm, si bien pueden llegar a los 2 mm; presentan bahías de corrosión y bordes redondeados. La plagioclasa se encuentra como fenocristales y microcristales subhedrales, con hábito tabular, con tamaños que varían entre 0,5 y 2 mm; presenta alteración a sericita y saussurita, y desarrolla en los bordes textura mirmequítica con cuarzo. El feldespato alcalino aparece como fenocristales y microcristales subhedrales, algunos de formas rectangulares y otros irregulares, con tamaños que oscilan entre 0,3 y 2 mm; ocasionalmente presenta macla de Carlsbad, textura pertítica en forma de cordones y textura micrográfica con cuarzo. La biotita se presenta en baja proporción, en cristales de hábito tabular alterados a clorita y, en menor proporción, a epidota-clinozoisita. La moscovita se encuentra en láminas tabulares, incoloras, y su tamaño promedio es de 0,4 mm.

Como accesorios se reconocieron titanita en microcristales subhedrales y anhedrales, con bordes rectos e irregulares, de color pardo y con tamaño promedio de 0,3 mm. Circón en microcristales euhedrales, de formas prismáticas alargadas y cortas, de tamaño < 0,1 mm. Apatito como cristales euhedrales de hábito prismático hexagonal, incoloros, de tamaño < 0,2 mm. Dispersos en la muestra, minerales opacos de forma irregular y tamaño < 0,2 mm.

El dique de sienogranito de grano fino (IGM-12281) presenta una textura inequigranular y una textura particular granofídica. Se encuentra constituido por cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino, biotita y moscovita, y como minerales de alteración se presentan sericita, clorita y epidota.

Los cristales de feldespato alcalino son anhedrales. Su tamaño varía entre 0,5 y 0,75 mm, y presentan relieve bajo ($n < \text{bálsamo}$), algo sucio. Son de textura gráfica y mirmequítica en contactos con plagioclasa (figura 9). La plagioclasa es subhedral con tamaños de hasta 1,25 mm. Tiene maclas polisintéticas enmascaradas por la alteración a saussurita. El cuarzo se presenta en cristales anhedrales finos, limpios e intercrecidos con cristales de feldespato potásico formando texturas gráficas; los cristales más grandes pueden alcanzar 1,25 mm. La biotita se presenta en láminas subhedrales, con coloración verde pálido a amarillento (fuertemente pleocroica), con extinción ojo de pájaro, con tamaños de hasta 1 mm, alterada a clorita. La moscovita es un accesorio y se halla en láminas euhedrales de tamaños de hasta 0,1 mm.

3. Química mineral

Los análisis de química mineral se llevaron a cabo en la microsonda electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El equipo usado es una microsonda JEOL JXA 8230, cuyas condiciones de operación fueron: 1 a 10 μm de diámetro del haz, tiempo en el pico de 20 ms, intensidad 20 nA y voltaje de aceleración de 15 kV. Los conteos del instrumento son convertidos a porcentajes de óxidos mediante comparaciones con conteos de estándares naturales y sintéticos. Los datos se han tratado mediante la corrección ZAF (Z: número atómico; A: absorción de masas; F: fluorescencia) utilizando el programa de JEOL. La adquisición de los datos consistió en obtener imágenes de electrones retrodispersados de los cristales seleccionados para el análisis y en realizar los análisis puntuales.

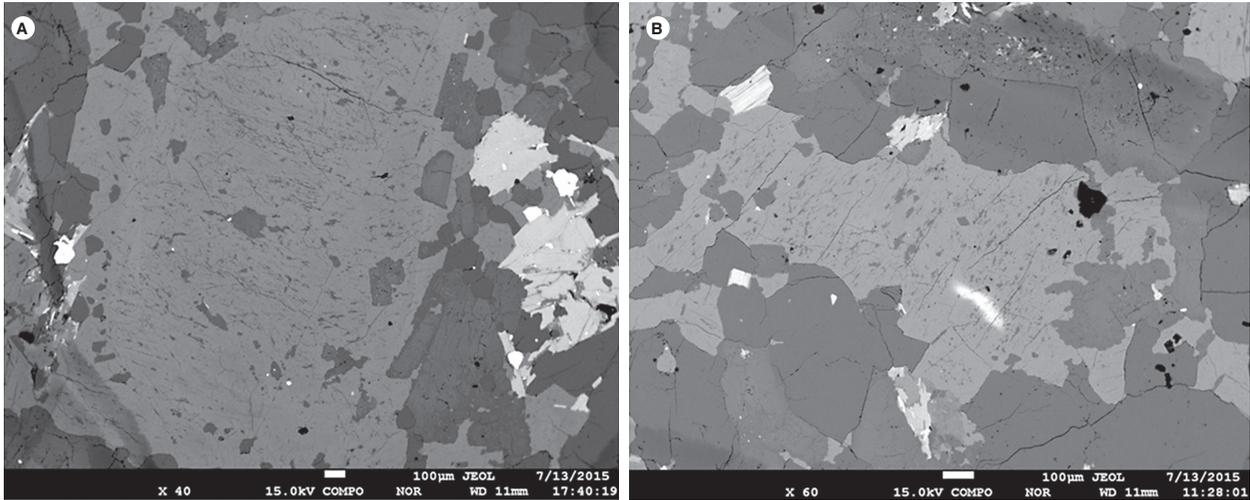


Figura 10. Imágenes de electrones retrodispersados de cristales de feldespato potásico en las que se observan las micropertitas en filoncillos y parches (muestra AMC-131)

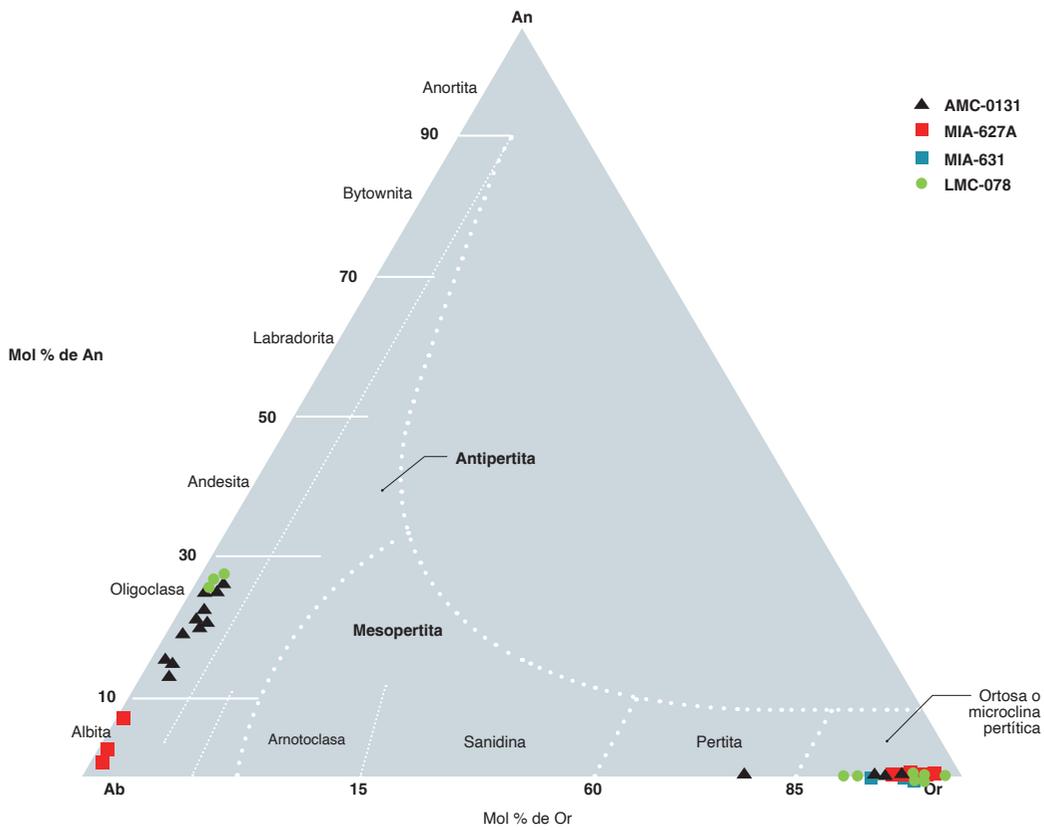


Figura 11. Composición de los feldespatos potásicos y las plagioclasas en rocas del Monzogranito de La Corcova

Fuente: diagrama de Smith-Brown (1988) y este trabajo

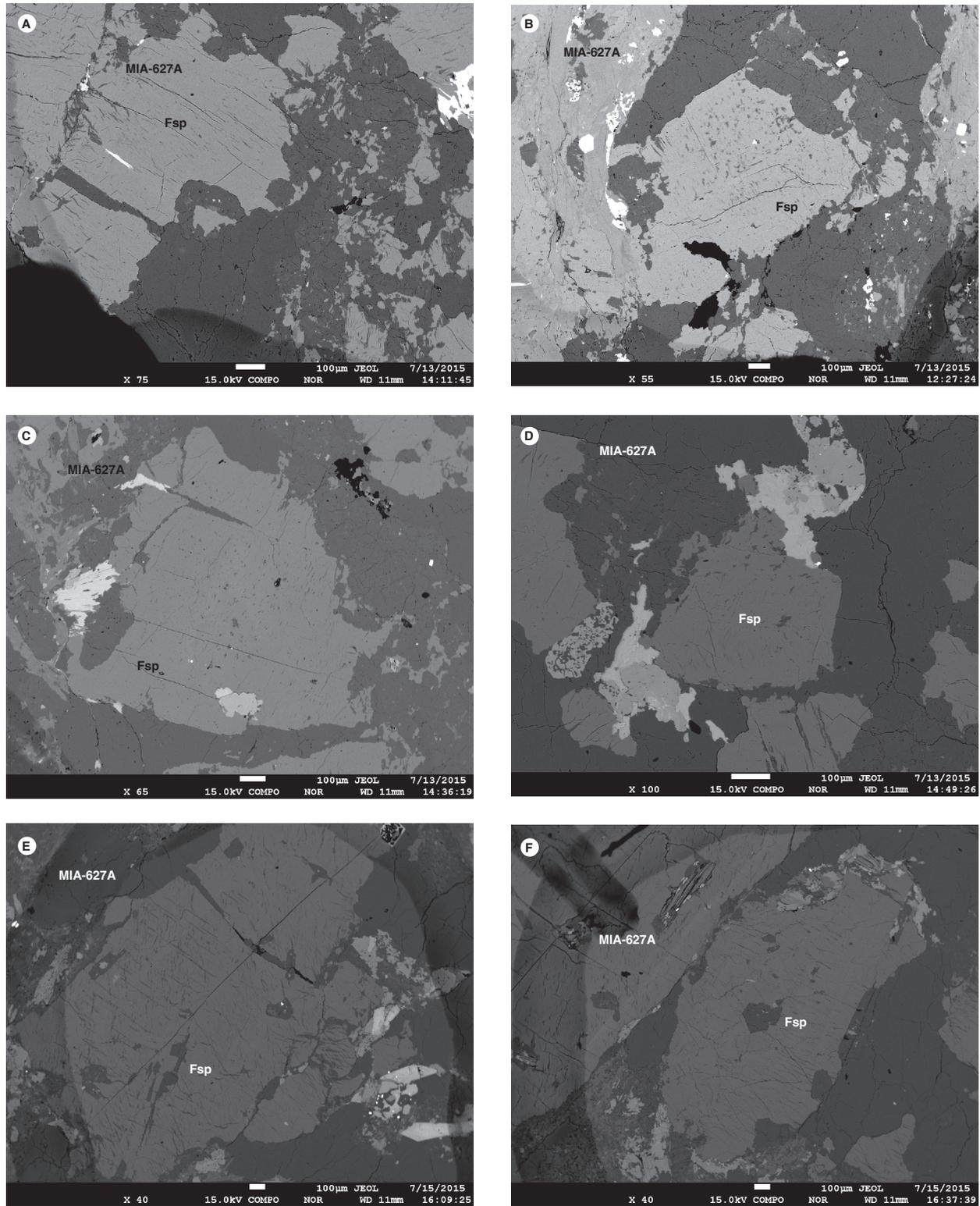


Figura 12. Imágenes de electrones retrodispersados de cristales de feldespato potásico (Fsp) en las muestras MIA-627A y MIA 631. Se observan microperthitas en filonillos y parches

En la muestra LMC-078 se analizaron dos cristales de feldespato. Los cristales de este mineral exhiben micropertitas en parches que se aprecian en las imágenes,

e inclusiones de criales de plagioclasa (figura 13); corresponden a ortosa o microclina perítica ($Or_{86,5-98,02} Ab_{1,5-13,05}$).

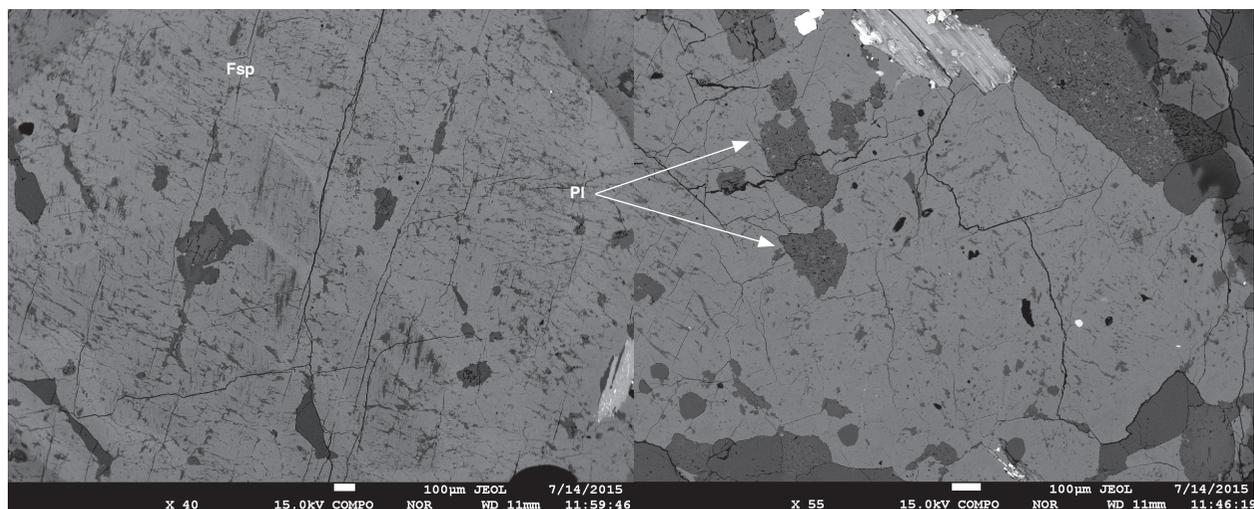


Figura 13. Imágenes de electrones retrodispersados de cristales de feldespato potásico (Fsp) en la muestra LMC-078. Los mencionados cristales presentan textura perítica con parches y filoncillos de plagioclasa (Pl)

Tabla 7. Análisis de cristales de feldespato alcalino de la muestra LMC-078

	LMC-078-C8-Kfs-1	LMC-078-C8-Kfs-3	LMC-078-C9-Kfs-1	LMC-078-C9-Kfs-2
SiO ₂	65,2	64,92	64,48	65,04
TiO ₂	0	0	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	18,36	18,64	18,74	18,74
FeO	0,09	0,02	0,06	0,04
MgO	0	0	0	0
CaO	0,02	0,08	0,09	0,04
Na ₂ O	0,47	1,43	0,58	1,31
K ₂ O	15,98	14,36	15,81	14,9
Total	100,12	99,45	99,77	100,09
Si	12,02	11,98	11,93	11,96
Al	3,99	4,05	4,09	4,06
Ti	0	0	0	0
Fe ²⁺	0,01	0	0,01	0
Mg	0	0	0	0
Na	0,17	0,51	0,21	0,47
Ca	0	0,02	0,02	0,01
K	3,76	3,38	3,73	3,49
Total	19,95	19,94	19,99	19,99
Z	16,0	16,0	16,0	16,0
X	3,9	3,9	4,0	4,0
Or	95,6	86,5	94,3	88,1
Ab	4,31	13,05	5,26	11,73
An	0,12	0,42	0,44	0,17

3.2. Plagioclasa

La plagioclasa se analizó en dos cristales de la muestra AMC-0131 y en un cristal de la muestra LMC-078 (figuras 14 y 15). Se analizaron los núcleos y bordes, que en el caso del cristal C10 (AMC-0131) muestran una variación composicional oscilatoria (figura 11) correspondiente a oligoclasa ($Ab_{72,7-82,5} An_{13,8-25,5} Or_{1,3-2,5}$). La plagioclasa C12 (muestra AMC-131) presenta variaciones composicionales menores y corresponde también a oligoclasa ($Ab_{75,4-79,7} An_{18,8-25,8} Or_{1,5-2,8}$), como se puede observar en la tabla 8 y en la figura 11.

A partir del análisis de tres puntos de un cristal de la muestra LMC-078 se obtuvo, en el núcleo, una composición de andesina sódica, y en los bordes, oligoclasa ($Ab_{66,47}-Ab_{72,92} Or_{1,61}-Or_{1,87}$) (figura 15). En la imagen retrodispersada, el cristal muestra fracturas internas y cambios de color entre el núcleo y los bordes.

De la muestra MIA-627A se analizó un solo cristal de plagioclasa (figura 15) con cuatro puntos distribuidos al azar, a partir de lo cual se determinó una composición de la plagioclasa de tipo albita ($Ab_{75,4}-Ab_{79,7} An_{18,8}-An_{25,8} Or_{1,5}-Or_{2,8}$) correspondiente al campo C7 (tabla 8 y figura 11).

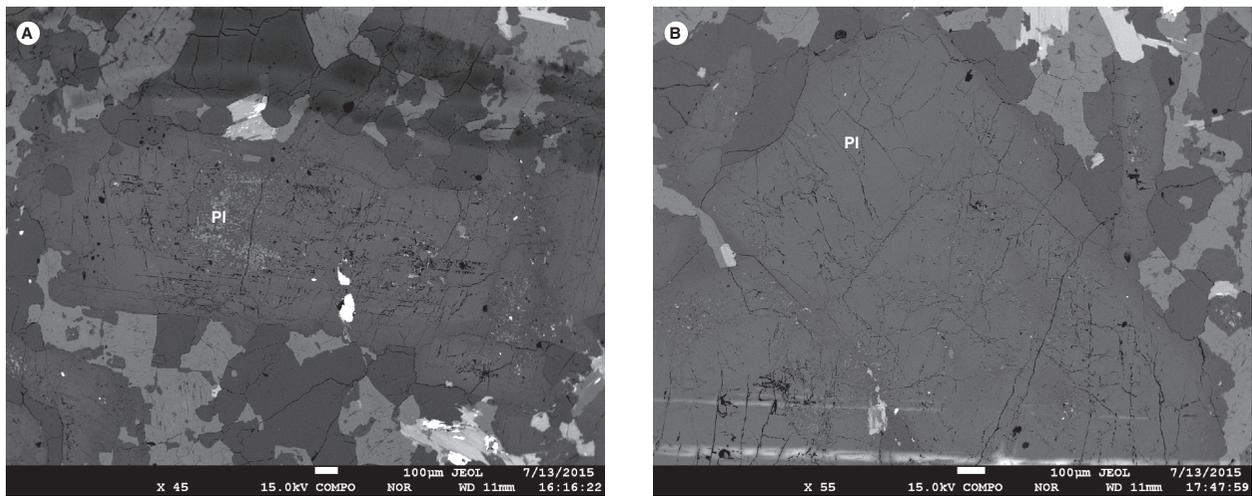


Figura 14. Cristales de plagioclasa (Pl) en los campos C10 y C12 de la muestra AMC-0131. Imagen de electrones retrodispersados

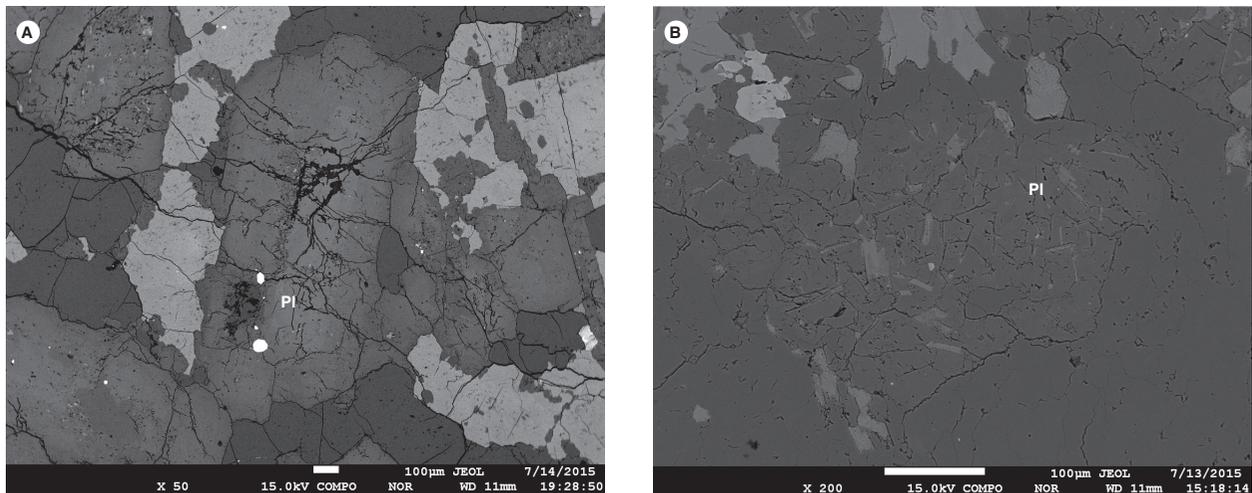


Figura 15. Cristales de plagioclasa de las muestras LMC-078 y MIA-627A en campos C7. Imagen de electrones retrodispersados. El núcleo de los cristales es más claro que los bordes

Tabla 8. Análisis de cristales de plagioclasa de las muestras AMC-0131 y LMC-078

	AMC-0131-C10-PI-1	AMC-0131-C10-PI-2	AMC-0131-C10-PI-3	AMC-0131-C10-PI-4A	AMC-0131-C10-PI-5	AMC-0131-C10-PI-6	AMC-0131-C10-PI-9	AMC-0131-C12-PI-1	AMC-0131-C12-PI-2	AMC-0131-C12-PI-3	AMC-0131-C12-PI-4	AMC-0131-C12-PI	LMC-078-C3-PI-1	LMC-078-C3-PI-2	LMC-078-C3-PI-3
SiO ₂	63,96	61,77	60,68	59,86	60,38	63	63,63	61,81	61,41	61,77	62,17	60,4	61,15	59,79	61,36
TiO ₂	0	0	0,02	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,03
Al ₂ O ₃	22,9	24,54	25,15	25,56	25,29	23,29	23,31	24,09	24,72	23,87	23,56	24,96	25,02	26,12	24,89
FeO	0,03	0,1	0,13	0,1	0,03	0,01	0,01	0,08	0,07	0,09	0,05	0,11	0,11	0,13	0,06
MgO	0	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
CaO	2,93	4,19	4,94	5,13	4,96	3,31	3,16	4,28	4,51	4,19	3,98	5,54	5,75	6,78	5,36
Na ₂ O	9,81	8,54	7,94	8,05	8,22	9,74	9,68	8,6	8,44	8,91	9,32	8,49	8,40	7,81	8,48
K ₂ O	0,45	0,41	0,39	0,34	0,26	0,24	0,34	0,47	0,4	0,49	0,27	0,44	0,34	0,30	0,29
Total	100,1	99,54	99,24	99,03	99,14	99,6	100,1	99,33	99,54	99,32	99,34	99,95	100,76	100,92	100,46
Si	11,28	10,98	10,84	10,73	10,8	11,18	11,22	11,02	10,93	11,03	11,08	10,77	10,80	10,58	10,85
Al	4,76	5,14	5,29	5,4	5,33	4,87	4,84	5,06	5,18	5,02	4,95	5,25	5,21	5,45	5,19
Ti	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Na	3,36	2,94	2,75	2,8	2,85	3,35	3,31	2,97	2,91	3,08	3,22	2,94	2,88	2,68	2,91
Ca	0,55	0,8	0,94	0,98	0,95	0,63	0,6	0,82	0,86	0,8	0,76	1,06	1,09	1,29	1,02
K	0,1	0,09	0,09	0,08	0,06	0,05	0,08	0,11	0,09	0,11	0,06	0,1	0,08	0,07	0,06
Total	20,06	19,96	19,93	20	19,99	20,09	20,05	19,98	19,98	20,06	20,08	20,12	20,12	20,12	20,12
Z	16,05	16,13	16,15	16,14	16,13	16,05	16,07	16,09	16,12	16,06	16,04	16,03	16,02	16,04	16,05
X	4,01	3,83	3,78	3,86	3,86	4,04	3,98	3,9	3,86	4	4,04	4,1	4,04	4,03	3,99
Ab	83,7	76,76	72,68	72,48	73,86	83,07	83,08	76,28	75,41	77,17	79,69	71,69	71,20	66,47	72,92
An	13,81	20,84	24,98	25,53	24,62	15,59	14,99	20,97	22,25	20,03	18,81	25,84	26,93	31,88	25,47
Or	2,5	2,4	2,33	2	1,51	1,34	1,93	2,75	2,33	2,8	1,51	2,47	1,87	1,66	1,61
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100,00	100,00	100,00

Tabla 9. Análisis de cristales de plagioclasa de la muestra MIA-627A

	MIA-627A-C7-PI-1	MIA-627A-C7-PI-2	MIA-627A-C7-PI-3	MIA-627A-C7-PI-4
SiO ₂	67,73	67,35	66,14	68,23
TiO ₂	0	0	0	0
Al ₂ O ₃	20,34	20,38	21,26	19,63
FeO	0,01	0	0,04	0,06
MgO	0	0,01	0,01	0,01
CaO	0,72	0,85	1,61	0,47
Na ₂ O	11,84	11,93	11,24	12,18
K ₂ O	0,11	0,09	0,09	0,1
Total	100,75	100,61	100,37	100,68
Si	11,8	11,76	11,59	11,89
Al	4,18	4,19	4,39	4,03
Ti	0	0	0	0,01
Fe	0	0	0	0
Mg	0	0	0	0
Na	4	4,04	3,82	4,12
Ca	0,13	0,16	0,3	0,09
K	0,03	0,02	0,02	0,02
Total	20,12	20,12	20,12	20,12
Z	15,97	15,95	15,99	15,93
X	4,16	4,22	4,14	4,23
Ab	96,15	95,76	92,22	97,38
An	3,24	3,75	7,28	2,08
Or	0,6	0,49	0,5	0,54
Total	100	100	100	100

3.3. Micas

La biotita se analizó en cuatro cristales de la muestra AMC-0131 (figura 16) y en dos cristales de la muestra LMC-078 (figura 17). La localización de los puntos analizados se expone junto con las imágenes BSE. Las biotitas exhiben microfracturas que cortan el clivaje e inclusiones de opacos, algunos hexagonales (figuras 16 y 17, tabla 10).

En la roca AMC-0131, la biotita tiene concentraciones de SiO_2 entre 34,66 y 35,66%; FeO entre 19,96 y 24,87%; Al_2O_3 entre 15,94 y 17,26%, y MgO entre 6,54 y 8,48%, como se muestra en la tabla 10. Los cristales de biotita presentan valores altos de aluminio tetraédrico (Al^{IV}) (2,3 a 2,8 atom/unidad fórmula), característicos de granitos peraluminosos, como se observa en el gráfico

de Abdel Rahman (1994), lo que sugiere que la muestra AMC-131 podría corresponder a un granito tipo S (Whalen y Chappell, 1988).

El cristal AMC-0131-C11 presenta un contenido de SiO_2 entre 32,84 y 35,75%, que corresponde a un tipo especial de biotita, según el diagrama de Rieder *et al.* (1998), en el que se observan sus valores separados de los de las demás muestras, dado su contenido de SiO_2 ; los demás cristales se agrupan juntos (figura 18A). Las biotitas de la muestra AMC-0131 presentan una composición intermedia entre biotita y annita; el cristal C11 presenta una composición entre biotita y siderofilita, y los resultados de todos los análisis se inscriben en la serie peraluminosa (figura 18B).

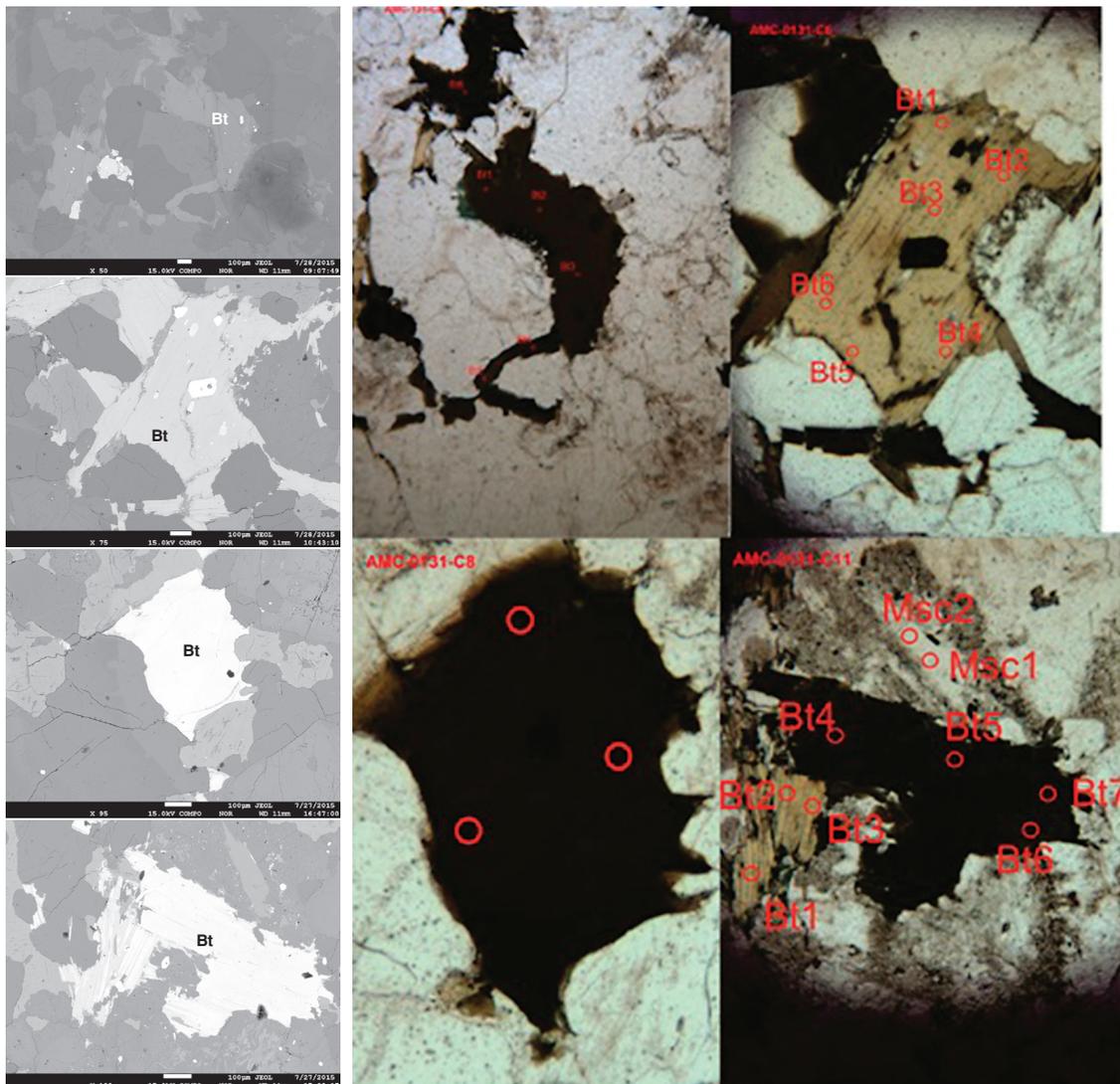


Figura 16. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) y puntos analizados de diferentes cristales de biotita de la muestra AMC-0131

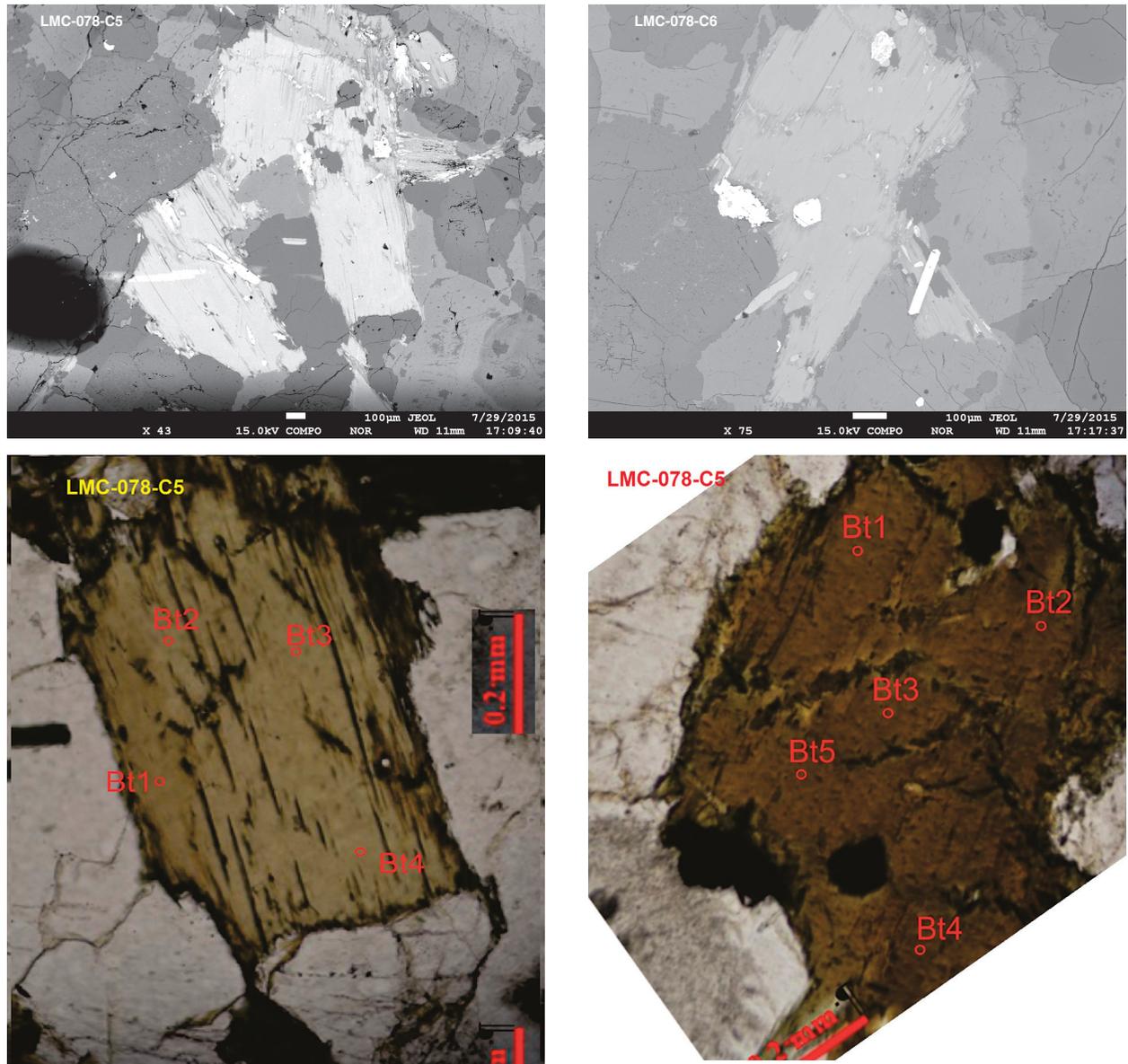


Figura 17. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) y puntos analizados de diferentes cristales de biotita de la muestra LMC-078

Tabla 10. Composición química de biotitas en la roca AMC-0131

Punto analizado	AMC-0131-C2-Bt-2	AMC-0131-C2-Bt-3	AMC-0131-C2-Bt-4	AMC-0131-C2-Bt-5	AMC-0131-C2-Bt-6	AMC-0131-C6-Bt-1	AMC-0131-C6-Bt-2	AMC-0131-C6-Bt-3	AMC-0131-C6-Bt-4	AMC-0131-C6-Bt-5	AMC-0131-C6-Bt-6
SiO ₂	34,95	34,86	35,34	35,38	36	35,01	35,43	35,11	35,06	35,09	34,8
TiO ₂	2,43	2,62	2,34	2,53	2,61	2,49	2,51	1,93	2,80	2,70	1,95
Al ₂ O ₃	16,47	16,48	16,91	16,78	16,08	16,57	16,79	16,98	17,07	16,98	16,60
FeO	21,62	20,44	21,40	21,07	20,25	21,93	21,52	22,11	21,29	21,28	21,20
MgO	7,49	6,74	7,07	7,02	7,44	6,94	7,04	7,25	6,74	6,94	7,76
MnO	0,61	0,61	0,66	0,64	0,68	0,58	0,52	0,48	0,56	0,54	0,48
CaO	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
Na ₂ O	0,12	0,12	0,12	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,10	0,05
K ₂ O	9,64	9,23	9,72	9,74	9,66	9,64	9,50	9,48	9,55	9,55	9,60
Total	93,31	91,11	93,56	93,24	92,76	93,23	93,40	93,41	93,14	93,18	92,50
Fórmula basada en 22 O											
Si	5,54	5,62	5,58	5,59	5,69	5,56	5,59	5,56	5,55	5,55	5,56
Al ^{IV}	2,46	2,38	2,42	2,41	2,31	2,44	2,41	2,44	2,45	2,45	2,44
Al ^{VI}	0,62	0,75	0,72	0,72	0,69	0,67	0,71	0,73	0,73	0,72	0,69
Ti	0,29	0,32	0,28	0,30	0,31	0,30	0,30	0,23	0,33	0,32	0,23
Mg	1,77	1,62	1,66	1,66	1,75	1,64	1,66	1,71	1,59	1,64	1,85
Fe ²⁺	2,87	2,76	2,82	2,79	2,68	2,91	2,84	2,93	2,82	2,82	2,83
Mn	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,06
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
K	1,95	1,90	1,96	1,96	1,95	1,96	1,91	1,92	1,93	1,93	1,96
Total	15,62	15,46	15,57	15,54	15,48	15,57	15,52	15,60	15,50	15,52	15,60
Fe/(Fe+Mg)	0,62	0,63	0,63	0,63	0,60	0,64	0,63	0,63	0,64	0,63	0,60
Punto analizado	AMC-0131-C8-Bt-1	AMC-0131-C8-Bt-2	AMC-0131-C8-Bt-3	AMC-0131-C11-Bt-3	AMC-0131-C11-Bt-3	AMC-0131-C11-Bt-4	AMC-0131-C11-Bt-5	AMC-0131-C11-Bt-6	AMC-0131-C11-Bt-7	AMC-0131-C11-Bt-7	AMC-0131-C2-Bt-1
SiO ₂	35,76	35,02	35,97	32,84	32,17	34,26	35,75	35,74	35,11	35,11	34,57
TiO ₂	2,639	2,43	2,622	1,799	1,749	1,979	2,638	2,669	2,731	2,731	1,924
Al ₂ O ₃	16,51	17,26	16,75	17,09	17,26	16,42	16,77	16,93	17,26	17,26	15,94
FeO	20,08	20,54	19,96	24,87	24,78	23,37	21,58	21,47	21,91	21,91	21,5
MgO	7,011	6,622	6,542	8,346	8,489	7,69	6,802	7,074	6,596	6,596	7,983
MnO	0,622	0,745	0,728	0,68	0,722	0,658	0,682	0,74	0,651	0,651	0,571
CaO	0,011	0	0	0	0,025	0,034	0	0	0	0	0,038
Na ₂ O	0,056	0,118	0,128	0,05	0,051	0,071	0,11	0,091	0,066	0,066	0,104
K ₂ O	9,613	9,421	9,356	7,124	6,795	8,732	9,637	9,615	9,623	9,623	9,638
Total	92,31	92,15	92,06	92,81	92,04	93,22	93,97	94,33	93,95	93,95	92,27
Fórmula basada en 22 O											
Si	5,675	5,583	5,708	5,273	5,208	5,472	5,613	5,613	5,586	5,528	5,557
Al ^{IV}	2,325	2,417	2,292	2,727	2,792	2,528	2,387	2,387	2,414	2,472	2,443
Al ^{VI}	0,762	0,825	0,84	0,508	0,501	0,562	0,716	0,716	0,704	0,729	0,577
Ti	0,315	0,291	0,313	0,217	0,213	0,238	0,311	0,311	0,314	0,323	0,233
Mg	1,658	1,574	1,548	1,998	2,049	1,831	1,592	1,592	1,648	1,548	1,913
Fe ²⁺	2,664	2,738	2,648	3,339	3,356	3,12	2,833	2,833	2,805	2,885	2,89
Mn	0,084	0,101	0,098	0,092	0,099	0,089	0,091	0,091	0,098	0,087	0,078
Ca	0,002	0	0	0	0,004	0,006	0	0	0	0	0,007
Na	0,017	0,036	0,039	0,016	0,016	0,022	0,033	0,033	0,028	0,02	0,032
K	1,946	1,916	1,894	1,459	1,403	1,779	1,93	1,93	1,917	1,932	1,976
Total	15,45	15,48	15,38	15,63	15,64	15,65	15,51	15,51	15,51	15,52	15,7
Fe/(Fe+Mg)	0,616	0,635	0,631	0,626	0,621	0,63	0,64	0,64	0,63	0,651	0,602

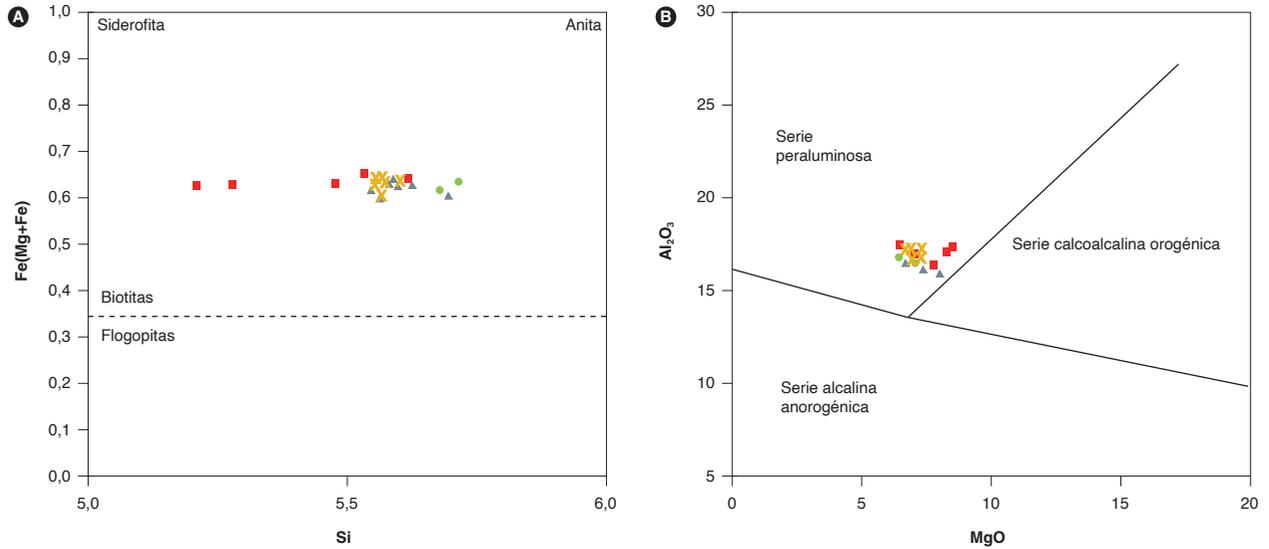


Figura 18. Biotitas de la muestra AMC-0131 de la facies porfídica del Monzogranito de La Corcova
 Fuente: diagramas A de Rieder *et al.* (1998), B de Abdel Rahman (1994) y este trabajo

La biotita de la roca LMC-078 tiene concentraciones de SiO₂ entre 35,49 y 36,25%; FeO entre 17,79 y 20,38%; Al₂O₃ entre 16,49 y 17,58%, y MgO entre 9,41 y 10,01%, como se muestra en la tabla 11. Los cristales de biotita presentan valores altos de aluminio tetraédrico (Al^{IV}) (2,43 a 2,5 atom/unidad fórmula), que se ubican en el límite entre granitos peraluminosos y granitos calcoalcalinos orogénicos, como se observa en el gráfico de Abdel Rahman (1994) (figura 19B).

Las biotitas de la muestra LMC-078 tiene contenidos de SiO₂ poco variables. Presentan una composición

con valores intermedios de Fe(Mg+Fe) entre 0,50 y 0,53, y no muestran mucha dispersión en el diagrama de Rieder *et al.* (1998) (figura 19A).

Se analizaron cristales de mica blanca en las muestras AMC-0131, LMC-078 y MIA-627A (los resultados de los análisis se presentan en tabla 12), que tienen contenidos de Si entre 6,21 y 6,40, de Mg entre 0,12 y 0,47, de Fe entre 0,39 y 0,56, y un contenido medio de Al. Los cristales tienen bajo contenido de Na (0,09 a 0,20).

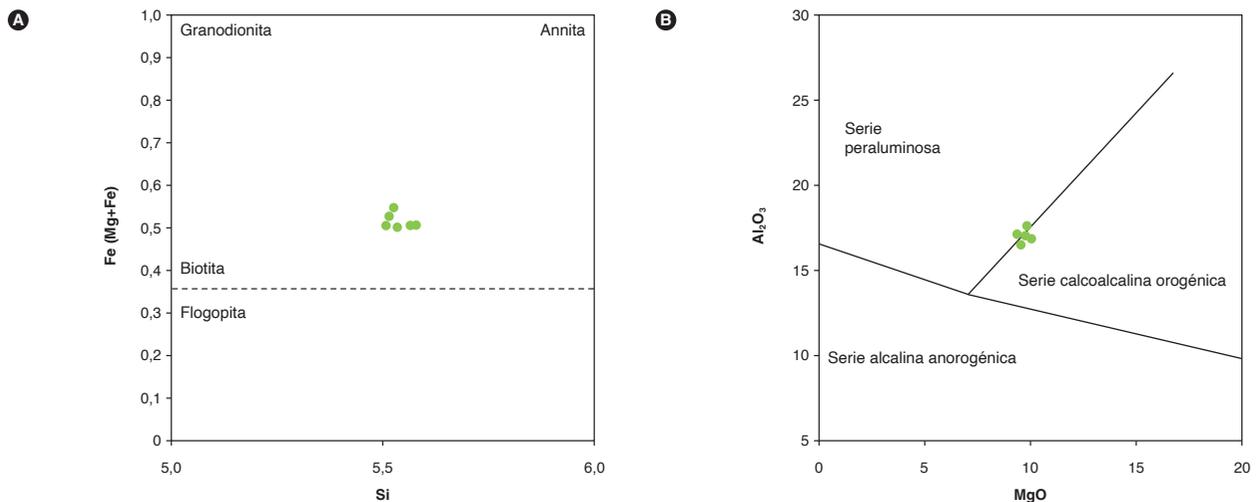


Figura 19. Biotitas de la muestra LMC-078 de la facies típica del Monzogranito de La Corcova
 Fuente: Rieder *et al.* (1998), Abdel Rahman (1994) y este trabajo

Tabla 11. Composición química de biotitas de la roca LMC-078

Punto analizado	LMC-078-C5-Bt-1	LMC-078-C5-Bt-2	LMC-078-C5-Bt-4	LMC-078-C6-Bt-1	LMC-078-C6-Bt-2	LMC-078-C6-Bt-3	LMC-078-C6-Bt-4
SiO ₂	35,67	35,63	35,49	36,25	36,02	36,04	35,51
TiO ₂	2,86	3	2,88	2,46	2,49	2,55	2,58
Al ₂ O ₃	17,12	16,82	17,14	17,22	17,58	17,1	16,49
FeO	18,68	18,07	17,83	18,06	17,79	19,09	20,38
MgO	9,41	10,01	9,69	9,98	9,91	9,72	9,55
MnO	0,58	0,63	0,53	0,52	0,49	0,47	0,52
CaO	0	0	0	0,01	0,03	0	0,05
Na ₂ O	0,19	0,24	0,24	0,38	0,27	0,14	0,12
K ₂ O	9,68	9,62	9,61	9,41	9,58	9,34	8,77
Total	94,2	94,02	93,41	94,29	94,16	94,44	93,98
Fórmula basada en 22 O							
Si	5,511	5,5	5,51	5,56	5,53	5,52	5,57
Al ^{IV}	2,489	2,5	2,49	2,44	2,47	2,48	2,43
Al ^{VI}	0,627	0,57	0,64	0,67	0,71	0,54	0,66
Ti	0,332	0,35	0,34	0,28	0,29	0,3	0,34
Mg	2,167	2,3	2,24	2,28	2,27	2,21	2,24
Fe ²⁺	2,413	2,33	2,31	2,32	2,28	2,65	2,3
Mn	0,076	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Ca	0	0	0	0	0	0,01	0
Na	0,058	0,07	0,07	0,11	0,08	0,04	0,07
K	1,908	1,9	1,9	1,84	1,87	1,74	1,81
Total	15,58	15,6	15,58	15,58	15,57	15,56	15,49
Fe/(Fe+Mg)	0,53	0,5	0,51	0,5	0,5	0,54	0,51

Tabla 12. Composición química de las moscovitas de las muestras AMC-0131, LMC-078 y MIA-627A

Punto analizado	AMC-0131-C11-Msc-1	AMC-0131-C11-Msc-2	LMC-078-C2-Ms-1	LMC-078-C2-Ms-2	LMC-078-C2-Ms-3	LMC-078-C2-Ms-4	LMC-078-C7-Ms-2	LMC-078-C7-Ms-3	LMC-078-C7-Ms-4	LMC-078-C7-Ms-5
SiO ₂	46,14	46,19	45,66	45,63	46,16	45,57	45,75	45,65	45,26	46,13
TiO ₂	0,59	0,42	0,21	0,41	0,31	0,36	0,69	0,35	0,43	0,3
Al ₂ O ₃	30,83	30,75	32,32	32,25	32,1	31,9	31,39	31,27	30,35	30,75
FeO	3,39	3,46	3,65	3,61	3,76	3,76	3,75	3,84	4,85	4,09
MgO	0,76	0,77	0,91	0,87	0,95	0,94	0,99	1,24	2,28	1,48
MnO	0,02	0,03	0,03	0,02	0,06	0,06	0,05	0,04	0,07	0,01
CaO			0,04	0	0,01	0,01	0,02			0,01
Na ₂ O	0,7	0,69	0,56	0,53	0,54	0,51	0,5	0,46	0,38	0,38
K ₂ O	10,61	10,62	10,63	10,54	10,59	10,59	10,67	10,81	10,8	10,68
Total	93,02	92,92	94,01	93,86	94,47	93,71	93,81	93,65	94,41	93,82
Fórmula basada en 22 O										
Si	6,38	6,4	6,26	6,26	6,29	6,24	6,35	6,3	6,24	6,35
Al ^{IV}	1,62	1,6	1,74	1,74	1,71	1,76	1,65	1,7	1,76	1,65
Al ^{VI}	3,4	3,41	3,47	3,47	3,45	3,17	3,33	3,38	3,17	3,33
Ti	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03
Mg	0,16	0,16	0,19	0,18	0,19	0,47	0,3	0,25	0,47	0,3
Fe ²⁺	0,39	0,4	0,42	0,41	0,43	0,56	0,47	0,44	0,56	0,47
Mn	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01	0
Ca	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0
Na	0,19	0,19	0,15	0,14	0,14	0,1	0,1	0,12	0,1	0,1
K	1,87	1,88	1,86	1,84	1,84	1,9	1,87	1,9	1,9	1,87
Total	14,08	14,08	14,12	14,09	14,09	14,25	14,12	14,14	14,25	14,12
Fe/(Fe+Mg)	0,71	0,71	0,69	0,7	0,69	0,54	0,61	0,64	0,54	0,61

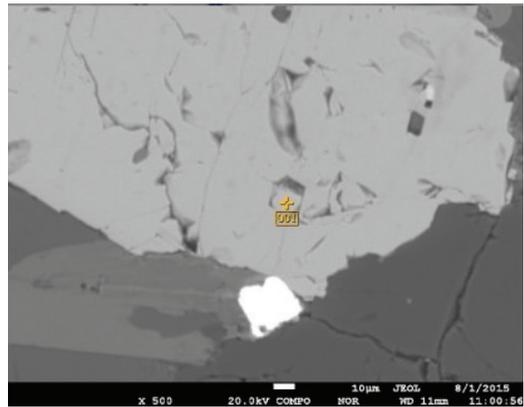
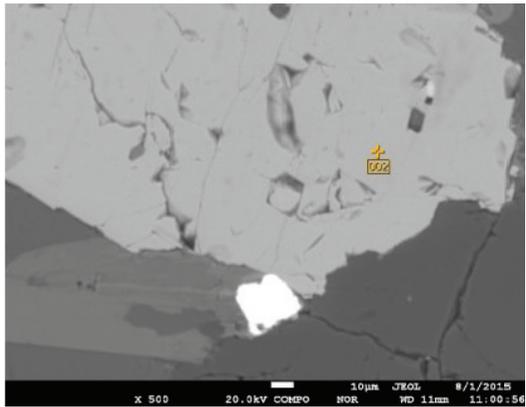
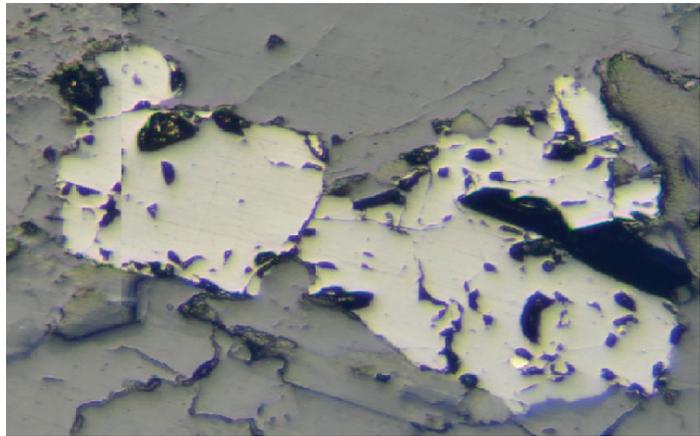
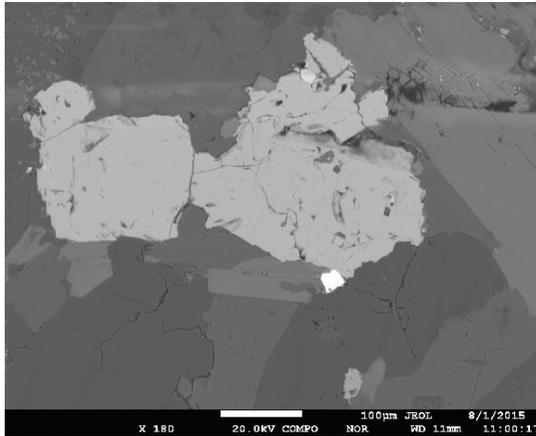
Punto analizado	MIA-627A-C1- Ms-1	MIA-627A-C1- Ms-2	MIA-627A-C1- Ms-4	MIA-627A-C4- Ms-1	MIA-627A-C4- Ms-3	MIA-627A-C4- Ms-4	MIA-627A-C4- Ms-5	MIA-627A-C4- Ms-6
SiO ₂	45,43	45,29	45,13	46,57	45,57	45,11	45,53	45,58
TiO ₂	0,43	0,75	0,59	0,47	0,67	0,7	0,46	0,61
Al ₂ O ₃	32,88	32,37	32,4	30,74	32,48	31,94	32,44	32,54
FeO	3,59	3,39	3,55	4,11	3,49	3,55	3,62	3,44
MgO	0,63	0,57	0,67	1,07	0,63	0,59	0,61	0,59
MnO	0,06	0,07	0,05	0,07	0,03	0,06	0,03	0,03
CaO					0		0,04	0,01
Na ₂ O	0,65	0,61	0,75	0,36	0,55	0,57	0,46	0,33
K ₂ O	10,52	10,6	10,32	10,82	10,66	10,67	10,82	11,02
Total	94,17	93,64	93,45	94,2	94,08	93,2	93,98	94,14
Fórmula basada en 22 O								
Si	6,21	6,23	6,22	6,38	6,24	6,24	6,24	6,24
Al ^{IV}	1,79	1,77	1,78	1,62	1,76	1,76	1,76	1,76
Al ^{VI}	3,51	3,47	3,47	3,35	3,47	3,45	3,49	3,49
Ti	0,04	0,08	0,06	0,05	0,07	0,07	0,05	0,06
Mg	0,13	0,12	0,14	0,22	0,13	0,12	0,12	0,12
Fe ²⁺	0,41	0,39	0,41	0,47	0,4	0,41	0,41	0,39
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0
Ca	0	0	0	0	0	0	0,01	0
Na	0,17	0,16	0,2	0,09	0,15	0,15	0,12	0,09
K	1,83	1,86	1,81	1,89	1,86	1,88	1,89	1,92
Total	14,1	14,08	14,1	14,08	14,08	14,1	14,09	14,08

3.4. Magnetita

Se analizó un cristal de magnetita de la muestra AMC-0131 (figura 20). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 13. El cálculo del Fe³⁺ se hizo usando la fórmula de Droop (1987).

La magnetita presenta coloración gris, con baja reflectancia, es homogénea y de aspecto liso, con inclusiones de pirita de color amarillo pálido, con buena reflec-

tancia. La magnetita tiene valores altos de Fe₂O₃ (entre 53,58 y 53,64%) y de FeO (entre 48,16 y 48,19%); concentraciones menores de MnO (entre 0,04 y 0,08%). El contenido de TiO₂ es menor o igual a 0,02%, y el de Al₂O₃ puede llegar hasta un 0,04%. La pirita tiene una concentración de azufre (S) de 52,78% y de hierro (Fe) de 45,57%, así como bajas concentraciones de Co, Cu y Ni (tabla 13).

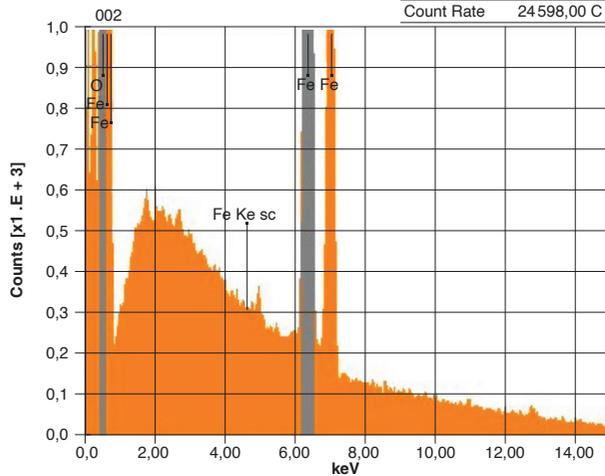


Volt	20,00 kV
Mag	x 500
Date	2015/08/01
Pixel	1280 x 960

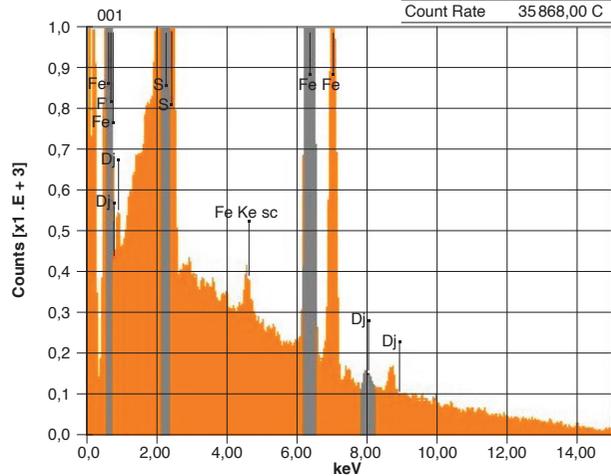
Acquisition Condition	
Instrument	8230
Volt	20,00 kV
Current	---
Process Time	T3
Live time	30,00 sec
Real Time	37,24 sec
Dead time	20,00%
Count Rate	24598,00 C

Volt	20,00 kV
Mag	x 500
Date	2015/08/01
Pixel	1280 x 960

Acquisition Condition	
Instrument	8230
Volt	20,00 kV
Current	---
Process Time	T3
Live time	30,00 sec
Real Time	41,61 sec
Dead time	27,00%
Count Rate	35868,00 C



Fórmula química	mass %	mol %	Cation	Sigma	Net	K ratio	Line
O							
FeO	100,00	100,00	24,00	0,11	8466144	13,0364810	K
Total	100,00	100,00	24,00				



Fórmula química	mass %	Atom %	Sigma	Net	K ratio	Line
F	3,64	7,49	0,05	249196	0,1926540	K
S	48,41	58,99	0,05	1313810	17,7060855	K
Fe	47,67	33,35	0,07	516400	7,9517181	K
Cu*	0,28	0,17	0,03	17270	0,0434175	K
Total	100,00	100,00				

Figura 20. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a magnetita y pirita de la muestra AMC-0131

Tabla 13. Composición química de magnetita y pirita de la muestra AMC-0131

Punto analizado	AMC-0131-C1-Mt-1	AMC-0131-C1-Mt-2	AMC-0131-C1-Mt-3	Elementos	AMC-0131-C1-Py-1
SiO ₂	0	0	0	Zn	-0,04
TiO ₂	0	0	0,02	As	0,06
Al ₂ O ₃	0	0,04	0	Ca	ND
Cr ₂ O ₃	0,04	0,03	0,02	S	52,79
Fe ₂ O ₃	53,58	53,59	53,64	Fe	45,57
FeO	48,19	48,16	48,17	Co	0,41
MnO	0,04	0,06	0,08	Ni	0,11
MgO	0	0,01	0,03	Sb	-0,02
ZnO	0	0	0	Cu	0,66
CaO	0	0	0	Total	99,5
V ₂ O ₃	0	0	0	Zn	ND
NiO	0	0	0	As	0,03
Total	101,84	101,9	101,96	Ca	ND
Fórmula basada en 32 O		S		66,33	
Si	0	0	0	Fe	32,87
Ti	0	0	0,004	Co	0,28
Al	0	0,013	0	Ni	0,07
Cr	0,01	0,008	0,006	Sb	ND
V	0	0	0	Cu	0,42
Fe ³⁺	11,995	11,99	11,993	Total	99,94
Fe ²⁺	11,985	11,971	11,966		
Mg	0	0,004	0,011		
Mn	0,01	0,015	0,02		
Zn	0	0	0		
Ca	0	0	0		
Ni	0	0	0		
Total	24	24	24		
Mg/(Mg+Fe ²⁺)	0	0	0,001		
Cr/(Cr+Al)	1	0,388	1		
Fe ²⁺ /(Fe ²⁺ +Mg)	1	1	0,999		

Se analizaron dos cristales de magnetita de la muestra LMC-078 (tabla 14). El mineral tiene un contenido de FeO_{total} entre 96,36 y 97,78% (11,96 y 11,99 a.p.f.u de Fe³⁺, y aproximadamente 12 a.p.f.u. de Fe²⁺), es pobre en TiO₂, con valores < 0,07%. Presenta bajos contenidos de Al, Cr y Mn.

3.5. Ilmenita

Las ilmenitas de las muestras LMC-078 y MIA-627A tienen superficies porosas e irregulares, muestran contenidos de TiO₂ entre 46,6 y 53,6%, de FeO entre 32,9 y

38,4%, de Fe₂O₃ muy variable y de MnO entre 7,8 y 11 %, y bajos contenidos de MgO y V₂O₃ (figuras 21 y 22).

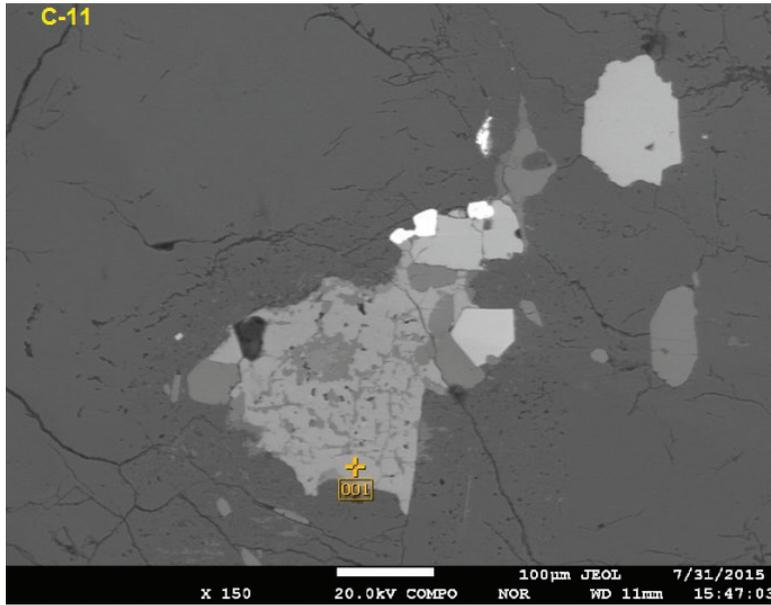
Se realizó un análisis de EDS a la ilmenita de la muestra LMC-078-C11, con espectros fuertes de Ti, menor contenido de Fe, junto a un cristal de magnetita con superficie más lisa y homogénea, y sin inclusiones. En el espectro del cristal de ilmenita de la muestra MIA-627A-C3 se observaron altos contenidos de Fe y Ti, y abundantes inclusiones en la imagen retrodispersada (figura 22), así como un borde más oscuro causado posiblemente por alteración. Los resultados se presentan en la tabla 15.

Tabla 14. Composición química de magnetita en la muestra LMC-078

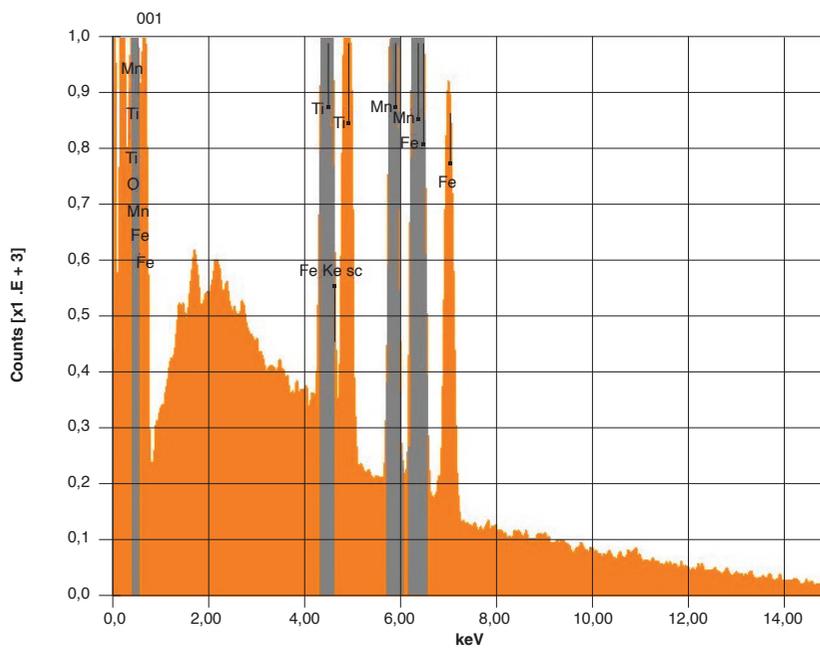
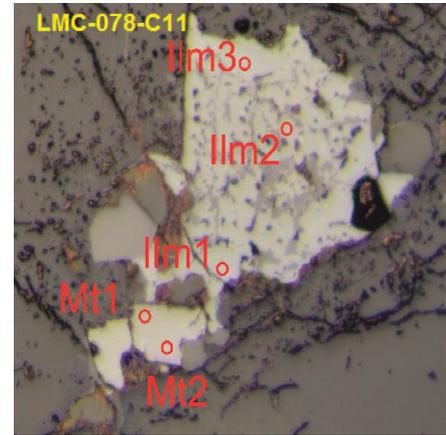
Punto analizado	LMC-078-C10-Mt-1	LMC-078-C10-Mt-2	LMC-078-C10-Mt-3	LMC-078-C11-Mt-1	LMC-078-C11-Mt-2
SiO ₂	0,01	ND	0,02	ND	-0,03
TiO ₂	0,07	ND	ND	ND	0,07
Al ₂ O ₃	0,05	0,02	0,01	0,02	0,01
Cr ₂ O ₃	0,07	0,05	0,03	0,03	0,03
FeO	97,13	97,78	97,44	96,83	96,36
MnO	0,04	0,06	0,07	0,03	0,02
MgO	0,01	-ND	0,01	0,03	-0,01
Total	97,2	97,68	97,37	96,72	96,28
Si	0	0	0,01	0	0
Ti	0,02	0	0	0	0,02
Al	0,02	0,01	0	0,01	0
Cr	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe ³⁺	11,96	11,99	11,99	11,99	11,98
Fe ²⁺	11,97	11,98	11,97	11,97	11,98
Mg	0	0	0	0,01	0,01
Mn	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Total	24	24	24	24	24

Tabla 15. Composición química de ilmenita en las rocas LMC-078 y MIA-627A

Punto analizado	LMC-078-C11-Ilm-1	LMC-078-C11-Ilm-2	LMC-078-C11-Ilm-3	MIA-627A-C3-Ilm-2	MIA-627A-C3-Ilm-3
SiO ₂		0,01			
TiO ₂	53,58	46,60	51,87	52,05	51,57
Cr ₂ O ₃	0,05		0,00	0,00	0,01
Al ₂ O ₃	0,01		0,02		
Fe ₂ O ₃		12,01	0,30	2,06	3,11
FeO	34,25	32,97	35,45	38,33	38,42
MnO	10,15	8,84	11,05	8,37	7,81
MgO	0,02		0,01	0,01	0,04
CaO					
V ₂ O ₃	0,39	0,34	0,33	0,34	0,34
Total		100,43	98,70	100,81	100,95
Cationes calculados a partir de 6 (O)					
Si	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
Ti	2,0771	1,7712	1,9936	1,9612	1,9411
Fe ³⁺	0,0000	0,4568	0,0116	0,0776	0,1172
Cr	0,0020	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004
Al	0,0004	0,0001	0,0011	0,0000	0,0001
V	0,0161	0,0138	0,0136	0,0136	0,0136
Fe ²⁺	1,4761	1,3932	1,5145	1,6058	1,6076
Mg	0,0015	0,0000	0,0008	0,3550	0,0027
Mn	0,4429	0,3784	0,4783	0,3552	0,3308
Ca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Total	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000



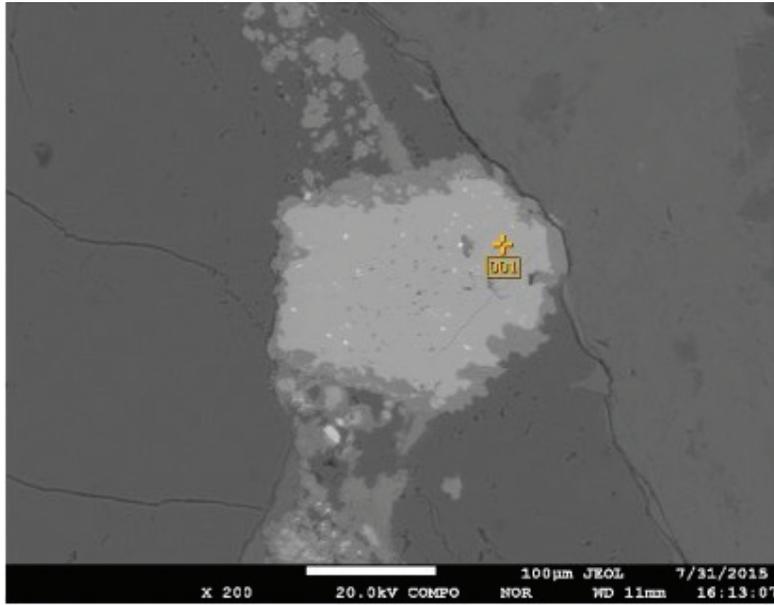
Volt	20,00 kV
Mag	x 150
Date	2015/07/31
Pixel	1280 x 960



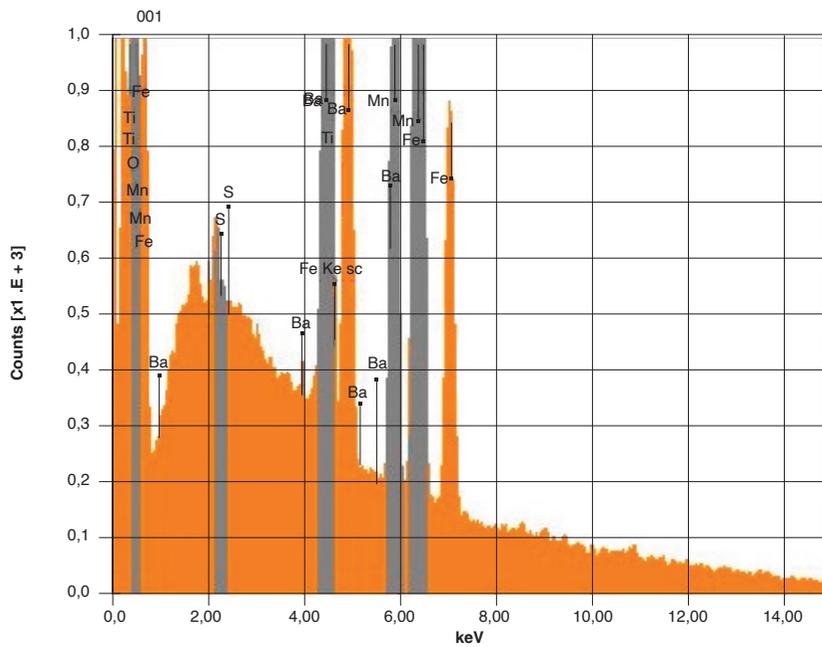
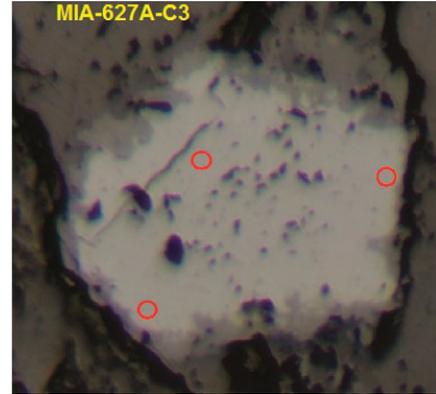
Acquisition Condition	
Instrument	8230
Volt	20,00 kV
Current	---
Process Time	T3
Live time	30,00 sec
Real Time	36,98 sec
Dead time	19,00%
Count Rate	24000,00 C

Fórmula química	mass %	mol %	Cation	Sigma	Net	K ratio	Line
O							
TiO2	48,06	45,36	0,07	5644104	5,1037606		K
MnO	10,01	10,64	1,76	937234	1,2679609		K
FeO	41,93	44,01	7,27	3575132	5,5051199		K
Total	100,00	100,00	16,51				

Figura 21. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a Ilmenitas de la muestra LMC-078-C11, resultados de EDS y localización de los puntos de análisis de microsonda



Volt	20,00 kV
Mag	x 500
Date	2015/07/31
Pixel	1280 x 960



Acquisition Condition	
Instrument	8230
Volt	20,00 kV
Current	---
Process Time	T3
Live time	30,00 sec
Real Time	36,98 sec
Dead time	19,00 %
Count Rate	24101,00 C

Fórmula química	mass %	mol %	Cation	Sigma	Net	K ratio	Line
O							
S	nd	nd				K	
TiO2	49,01	47,36	0,08	5973058	5,4012218		K
MnO	8,41	9,16	0,04	815792	1,1036647		K
FeO	38,59	41,47	0,07	3409003	5,2493085		K
BaO	3,98	2,01	0,03	0,08	487928	0,6846878	L
Total	100,00	100,00	16,29				

Figura 22. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a Ilmenita de la muestra MIA-627A-C3, resultados de EDS y localización de los puntos analizados con la microsonda

4. Litogeoquímica

La caracterización litogeoquímica del Monzogranito de La Corcova se realizó a partir de doce análisis realizados en diferentes muestras, a saber: de la facies normal y la facies porfídica (AMC-01 29, AMC-01 31, AMC-01 28 A, LMC-077, LMC-078), seis muestras: una de dique (JGB-460A), una de monzogranito deformado (MIA-627A), una de cuarzodiorita de borde (MIA-630 B), una de anfíbolita (MIA-627B-IGM-900932) y una de granofelsa de Qtz-Fsp (MIA-631-IGM-900937), una muestra tomada del trabajo de Van der Lelij (2013) (10VDL05), que corresponde a un dique granítico no deformado que corta el Neis de Bucaramanga y que podría estar relacionada con el Monzogranito de La Corcova, y una muestra que atraviesa el Neis de Bucaramanga cerca al contacto con el plutón LMC-065 (IGM-900921). A cada una de las muestras se le realizó análisis petrográfico, y a algunas de ellas, la datación U/Pb en circón. Los análisis químicos se hicieron en el laboratorio del Servicio Geológico Colombiano, sede Bogotá. Para los óxidos mayores se utilizó el método de fluorescencia de rayos X incluyendo los elementos trazas V, Mo, Nb, Ta, W, Zr y Hf, y para el resto de elementos traza y tierras raras se utilizó el equipo de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS).

Los análisis de fluorescencia se realizaron con un espectrómetro de rayos X, FRX, Panalytical Axios Mineral para análisis elemental, configurado con un software especializado para materiales geológicos. La cuantificación de los óxidos mayores se realizó en muestra fundida con metaborato y tetraborato de litio, y la cuantificación de elementos menores se realizó en muestra prensada. El análisis de elementos traza de interés geoquímico en las rocas se realizó con un espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado ICP-MS, Perkin Elmer Nexion. Para la disolución de la muestra se efectuó un ataque por pasos utilizando ácidos inorgánicos fuertes (HF, HNO₃, HClO₄ y HCl). El proceso se realizó en sistema abierto, empleando distintas rampas de temperatura y tiempos de calentamiento. Gran parte de los diagramas geoquímicos se generaron con el uso del software GCD Kit version 4.0 (Janoušek *et al.*, 2006).

Los contenidos de óxidos mayores se recalcularon teniendo en cuenta los valores de LOI (perdidas por ignición). Los resultados se muestran en la tabla 16, en la que las muestras se agruparon teniendo en cuenta los patrones que presentaron en el diagrama de REE vs. con-

drito de Nakamura (1974). Se considera que diferentes patrones representan probablemente pulsos magmáticos de edad diferente, que pudieron originarse en fuentes distintas. Las variaciones en las relaciones entre las REE suelen ser características heredadas de la fuente, o debidas al fraccionamiento durante la evolución de los magmas.

4.1. Óxidos de elementos mayores

Los valores obtenidos de SiO₂ en rocas granitoides del Monzogranito de La Corcova variaron entre 69,56 y 75,45%, y solo las muestras 10VDL05 y MIA-630B presentaron valores de SiO₂ menores (68,3% y 57,13, respectivamente). Los valores obtenidos de Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O y CaO disminuyen con el aumento del SiO₂; el K₂O varía entre 4,6 y 5,3%; el CaO varía entre 0,7 y 2,5%; el MgO presenta valores < 1% y TiO₂ < 0,6%, y por otra parte las razones K₂O/Na₂O son > 1.

La roca MIA-630B, clasificada como cuarzodiorita, presenta valores bajos en SiO₂ (57,1%), un contenido de Al₂O₃ de 16%, de MgO de 4,11%, y un contenido de álcalis (Na₂O + K₂O) de 5,3%, y de TiO₂ alto (> 1,3%). La roca clasificada como anfíbolita (MIA-627B) presenta los menores valores de SiO₂ (49,6%), un alto contenido de CaO (7,67%) y de MgO (4,8%). La roca clasificada como granofelsa (MIA-631) presenta contenidos de óxidos mayores similares a los de los monzogranitos y no muestra diferencias químicas notorias con respecto a estos.

Según los diagramas K₂O versus SiO₂ (Peccherillo y Taylor, 1976) y Hastie *et al.*, (2007) (figura 23), las rocas granitoides analizadas de la facies normal y porfídica del Monzogranito de La Corcova pertenecen a las series calcoalcalina alta en K y shoshonítica. Las muestras MIA-627B (IGM-900932), correspondiente a la anfíbolita, y la muestra MIA-630B (IGM-900936), a cuarzodiorita, pertenecen al campo de la serie calcoalcalina alta en K. A diferencia de las demás muestras, corresponden a rocas con menores contenidos de SiO₂ y mayores contenidos de Co (38 y 55 ppm). En el diagrama de discriminación de Th-Co de Hastie *et al.* (2007), la roca 10VDL05 analizada por Lelij (2013), a diferencia de las demás muestras, pertenece al campo de las rocas ácidas (D/R) y de la serie calcoalcalina alta en K y shoshonítica.

En el diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971) (figura 24) se puede observar que las rocas analizadas hacen parte de la serie calcoalcalina: la muestra MIA-6287B (IGM-900932), correspondiente a la anfíbolita,

que presenta un valor alto de Fe₂O₃ (13,97%) y valores altos de MgO (4,80%), pertenece a la serie toleítica, y probablemente corresponde a una roca menos diferenciada que las del Monzogranito de La Corcova, lo cual es cohe-

rente con su menor contenido de SiO₂ (tabla 16) y con los resultados de los análisis petrográficos. La muestra MIA-630B, clasificada como cuarzdiorita, a diferencia de las demás muestras, pertenece a la serie calcoalcalina.

Tabla 16. Composición de óxidos mayores en rocas granitoides, diques y rocas de caja del Monzogranito de La Corcova

IGM	N. Campo	W	N	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	LOI
900862	AMC-0129	1113420	1280055	69,56	0,62	16,59	1,66	0,24	1,74	3,17	5,29		0,05	0,40
900863	AMC-0131	1114638	1284010	70,89	0,49	15,97	1,51	0,14	1,45	3,10	4,76		0,07	0,32
900861	AMC-0128A	1114798	1281084	73,2	0,3	13,9	2,05	0,39	1,54	2,52	5,27	0,1	0,05	0,58
900929	LMC-077	1112260	1283759	75,06	0,17	13,41	1,35	0,20	1,24	2,66	5,36	0,0	0,05	0,38
900921	LMC-065	1119186	1276101	75,45	0,13	13,65	1,26	0,09	0,72	2,20	5,23		0,05	0,45
900931	MIA-627A	1119356	1257497	74,23	0,07	15,23	0,86	0,09	0,71	3,03	4,62		0,06	0,38
900909	JGB-460A	1117564	1268142	77,36	0,03	11,90	0,79	0,05	0,57	2,86	4,95		0,02	0,46
10	10VDL05	1117933	1277114	68,37	0,60	15,35	3,66	1,03	2,50	3,01	4,22	0,2	0,15	0,91
900937	MIA-631	1118186	1269536	71,18	0,42	14,18	2,49	0,67	2,27	2,54	5,01	0,1	0,06	0,93
900930	LMC-078	1115257	1286012	72,56	0,24	14,98	1,60	0,52	0,77	2,89	4,54		0,07	0,88
900932	MIA-627B	1119356	1257497	49,62	3,00	15,26	13,97	4,80	7,67	1,95	1,47	0,4	0,21	1,54
900936	MIA-630B	1114060	1270011	57,13	1,31	16,06	8,58	4,11	5,89	2,81	2,56	0,3	0,17	0,94

Rojo: facies normal y porfírica; verde: rocas de dique, negro: facies monzogranítica; azul: cuarzdioritas de borde y anfibolita. Los colores en la tabla indican la manera en que se agrupan las muestras y se relacionan con el color de las muestras en las figuras

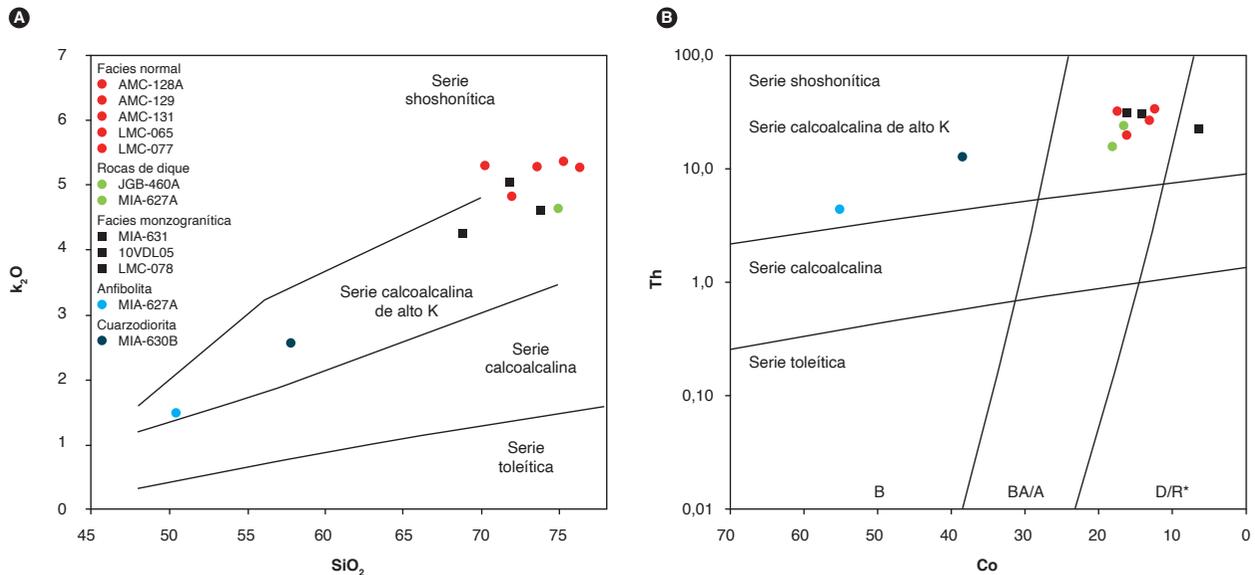


Figura 23. Clasificación de rocas del Monzogranito de La Corcova, diques y rocas metamórficas asociadas

Fuente: A) Diagrama K₂O vs SiO₂ (Peccerillo y Taylor, 1976) y B) Diagrama de clasificación Th-Co (Hastie *et al.*, 2007), este trabajo

En los diagramas TAS de Middlemost (1985, 1994) (figura 25 A y B), las rocas analizadas del Monzogranito de La Corcova, de acuerdo con su clasificación petrográfica, corresponden a rocas subcalcinas que pertenecen al campo de los granitos. La muestra (JGB-460B-IGM-900909) forma parte del campo de los granitos de feldespato alcalino, y otras rocas, como la

10VDL05 y las cuarzomonzodioritas (MIA-630B- IGM-900936), pertenecen al campo de las granodioritas. Los diques y cuerpos intrusivos químicamente menores hacen parte del campo de los granitos, y la anfibolita (MIA-627B, IGM-900932), del campo de los gabros-cuarzodioritas.

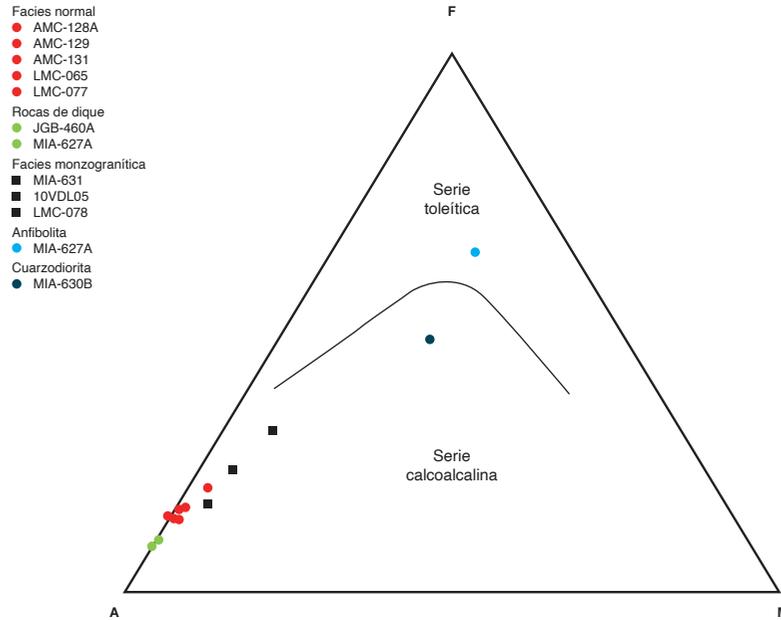


Figura 24. Diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971) correspondiente a las rocas del Monzogranito de La Corcova

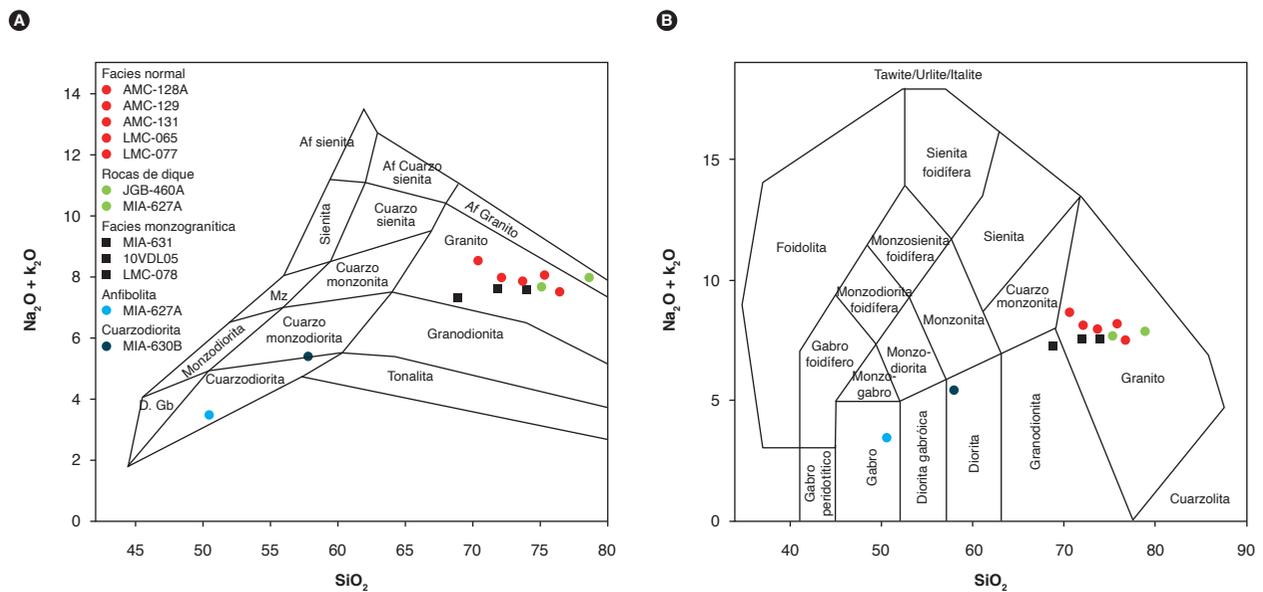


Figura 25. Diagramas de clasificación química de rocas del Monzogranito de La Corcova. A) Diagrama de Middlemost (1985). B) Diagrama de Middlemost (1994)

En el gráfico de Shand (1943), los granitos que componen el Monzogranito de La Corcova hacen parte del campo peraluminoso, y presenta valores de $(Na_2O+K_2O/Al_2O_3)_{mol} (A/NK) > 1$, y valores de $(Al_2O_3/Na_2O+K_2O+CaO)_{mol} (A/CNK) > 1$, lo que podría sugerir aporte al magma de material de corteza continental, con valores altos de $SiO_2 (> 68\%)$. Por otra parte, la cuarzodiorita (MIA-630B-IGM-900936) y la anfibolita (MIA-627B, IGM-900932) pertenecen al campo metaluminoso (figura 26A).

En el diagrama de Debon y Le Fort (1983), modificado por Villaseca *et al.* (1998) (figura 26B), las rocas analizadas se agrupan en el campo peraluminoso, la mayoría de muestras en el campo de los granitos peraluminosos félsicos (f-P), algunas en el campo de los granitoides moderadamente peraluminosos (m-P), y solo la muestra 10VDL05 se diferencia de las demás analizadas.

En la mayoría de rocas, el índice de saturación de alúmina oscila entre 1 y 2, y la relación A/CNK es > 1 . Las muestras presentan valores de A/NK entre 1 y 2, sus relaciones K_2O/Na_2O oscilan entre 1,5 y 2,3, y el Al_2O_3 es mayor que $CaO+Na_2O+K_2O$. Únicamente las muestras MIA-630B-IGM-900936 y MIA-627B, IGM-900932 presentan relación A/NK > 2 , relación A/CNK < 1 , relación $K_2O/Na_2O < 1$ y $Al_2O_3 > CaO+Na_2O+K_2O$.

4.2. Elementos traza y tierras raras

En la tabla 17 se presentan los resultados de los análisis químicos de elementos traza y tierras raras correspondientes a rocas del Monzogranito de La Corcova, diques y rocas metamórficas.

Para la elaboración de los diagramas de elementos de las tierras raras (REE) normalizados con respecto al condrito según los valores de Nakamura (1974), las muestras analizadas del Monzogranito de La Corcova se agruparon teniendo en cuenta la facies que representan y el patrón geoquímico de REE. Se reconocieron cuatro patrones de REE, que podrían sugerir diferentes eventos o pulsos magmáticos dentro del plutón. El comportamiento general de los cuatro patrones es comparable con el de rocas generadas en ambientes de subducción por encima de la placa subducida, con enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) entre 10 y 300 veces el condrito y empobrecimiento hacia las tierras raras pesadas (HREE), además de anomalía negativa de Eu, que se incrementa con el aumento del contenido de SiO_2 en las rocas, probablemente debida a fraccionamiento de la plagioclasa en el magma, que permitiría que Eu^{+3} cambie su estado de oxidación a Eu^{+2} (figura 27). Las relaciones $Eu/Eu^* < 1$ y $(La/Sm)_N > 2$ evidencian un enriquecimiento de tierras raras ligeras con relación a las HREE en todas las muestras (tabla 18).

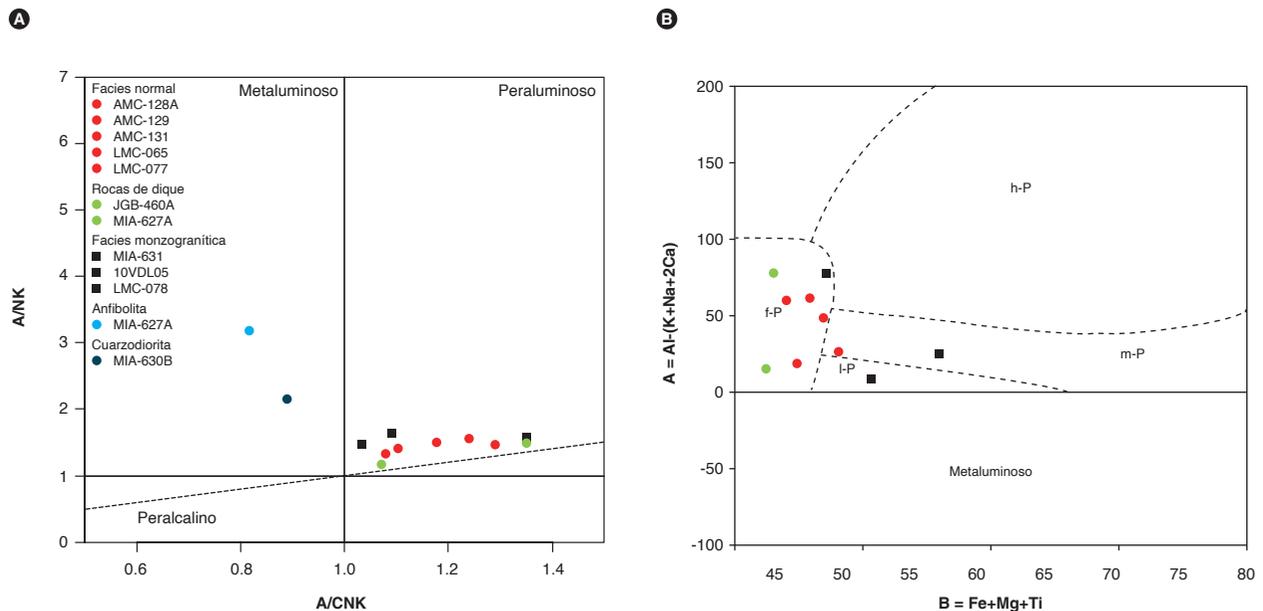


Figura 26. Diagramas de alcalinidad-aluminosidad correspondientes a rocas del Monzogranito de La Corcova. A) Diagrama de Shand (1943). B) Diagrama de Debon y Le Fort (1983) modificado por Villaseca *et al.* (1998).

Convenciones: f-P: granitoides peraluminosos félsicos; h-P: granitoides altamente peraluminosos; m-P: granitoides medianamente peraluminosos

Tabla 17. Resultados de elementos traza y tierras raras en rocas del Monzogranito de La Corcova

IGM	900861	900862	900929	900863	900921	900931	900909	900937	900930		900936	900932	Límites de detección
N. campo	AMC-0128A	AMC-0129	LMC-077	AMC-0131	LMC-065	MIA-627A	JGB-460A	MIA-631	LMC-078	10VDL05	MIA-630B	MIA-627B	
Li	31	32	40	51	5,9	9	3,8	24	16		50	32	ppm 0,5
Be	2,5	2,3	3,2	3	2,3	6,9	3,3	3,9	3,3	4,21	3,3	2,1	ppm 0,1
Sc	4,6	4,7	5,3	5,5	19	5,3	4,8	10	11	11	34	59	ppm 0,1
V	20	14	10	13	14	8,7	13	33	14	46	201	417	(mg/Kg) 0,2
Cr	4,8	2	1,7	1,8	13	2,7	1,5	7,7	3,1	8	34	4,9	ppm 0,5
Co	13	17	14	13	16	18	16	14	16	6,4	38	55	ppm 0,8
Ni	4,3	3,3	2,7	2,7	17	7,4	2,2	7,9	32	6,4	42	13	ppm 0,5
Cu	5,2	5,4	4,1	4,1	12	4,9	4,2	12	8,3	10,8	28	55	ppm 1
Zn	35	26	17	26	49	16	6,5	44	40	65	93	147	ppm 4
Ga	18	18	20	19	21	21	15	20	20	19,9	23	25	ppm 0,2
As	2,6	1,9	1,9	1,7	3,7	1,3	1,1	3,4	2,6	3	2,5	2,5	ppm 0,4
Rb	210	231	273	268	126	291	173	229	221	144,6	177	126	ppm 0,2
Sr	169,6	130,3	132,7	106,5	62,7	62,5	110,5	237,6	180,3	255,8	445,8	321,1	ppm 1
Cd	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	0,08	0,1		0,13	0,19	ppm 0,08
In	0,03	0,02	0,02	0,03	0,14	0,05	0,02	0,04	0,04		0,08	0,1	
Cs	2,7	2,5	3,2	4,3	1,1	2,6	1,3	2,2	2,6	2,1	3,5	2	ppm 0,1
Ba	1627	1141,1	1008,8	776,4	1061,9	315,9	584	1184,5	1103,1	1058,5	627,6	375,7	ppm 1
La	83,4	62	58,7	47,8	95	19,4	21	61,7	55,9	78,6	45	24,6	ppm 0,1
Ce	158,8	120,3	111,1	93,1	190	38,9	38	120,7	113,7	138,3	94,2	56,8	ppm 0,1
Pr	17,5	14,4	12,3	10,5	25	4,7	5,5	15,2	13,4	14,7	12,1	7,8	ppm 0,1
Nd	64,7	44,9	37,1	30,6	91	17,6	18,1	50,7	37,4	54	47,3	32,7	ppm 0,1
Sm	8,8	8,5	7,1	6,4	16	3,8	5,3	9,8	8,7	9,2	9,3	7,4	ppm 0,01
Eu	1,22	0,91	1,04	0,75	1,9	0,48	0,66	1,41	1,44	1,8	1,43	1,54	ppm 0,01
Gd	6,37	5,72	5,4	4,57	11	2,89	4,18	6,86	6,47	7	6,76	5,12	ppm 0,01
Tb	0,94	0,85	0,98	0,74	1,9	0,89	1,12	1,48	1,18	1,1	1,73	1,23	ppm 0,01
Dy	4,26	3,58	3,76	3,27	6,6	5,16	6,96	6,78	5,53	6,2	8,96	6,79	ppm 0,01
Ho	0,72	0,54	0,66	0,51	1,1	1,07	1,5	1,38	1,04	1,3	1,93	1,38	ppm 0,01
Er	2,15	1,48	1,78	1,42	2,8	3,26	4,58	4,11	2,95	3,5	5,72	3,99	ppm 0,01
Tm	0,23	0,15	0,2	0,16	0,24	0,5	0,7	0,54	0,37	0,5	0,79	0,53	ppm 0,01
Yb	1,36	0,91	1,27	1,04	1,5	3,44	4,86	3,49	2,36	3,3	5,1	3,31	ppm 0,01
Lu	0,18	0,12	0,19	0,15	0,22	0,5	0,73	0,51	0,34	0,5	0,71	0,48	ppm 0,01
Tl	1,37	1,5	1,77	1,72	0,65	1,56	0,97	1,36	1,32		1,05	0,91	ppm 0,01
Pb	17,66	21,11	22,31	21,19	14	22,18	18,51	23,78	20,92	15,9	9,34	8,37	ppm 2
Bi	0,07	0,07	< 0,05	0,08	< 0,05	0,11	0,09	0,06	0,06	0,1	0,09	0,14	ppm 0,1
Th	32,9	31,4	31,2	28,2	20,9	16,2	24	29,8	30,8	22,7	12,7	4,5	ppm 0,1
U	2,5	2	2	2,7	2,3	8,5	10,7	6,2	2,2	3,1	6,7	1	ppm 0
Zr	205,5	185,2	132,5	126,7	193	60,6	51,8	214,3	205,7	340,5	175,2	153,4	(mg/Kg) 2
Nb	10,5	12,6	13,6	14,9	11,1	15,1	15,8	14,4	14,2	16,4	16,4	13,1	(mg/Kg) 2
W	37,3	58,5	44	51,6	50,8	66,1	58,9	36,5	42,8	0,2	31,4	23,3	(mg/Kg) 8

Los colores en la tabla indican la manera en que se agrupan las muestras y se relacionan con el color de las muestras en las figuras

Al cruzar los datos de los diferentes patrones de REE con la edad obtenida por el método U/Pb en circones y la distribución espacial de las diferentes muestras (figura 27) se pudo observar que las rocas de composición monzogranítica a sienogranítica de las facies normal y porfídica presentan un patrón de REE paralelo (figura 27A, en rojo), con un empobrecimiento progresivo de las LREE hacia las HREE, pendiente negativa y anomalía negativa de Eu, patrón que se puede asociar con rocas generadas en un ambiente de arco. La distribución espacial de las muestra asociadas a este patrón de REE se restringe a la

zona norte del plutón, y corresponde a la facies porfídica (AMC-01 31) de Ward *et al.* (1973), a la facies normal del plutón (AMC-01 28 A, AMC-01 29 y LMC-077) y a diques y apófisis que intruyen el Neis de Bucaramanga (LMC-065). Se ha obtenido una edad promedio ponderada en la roca AMC-01 31 de $192,5 \pm 2,6$ Ma, que corresponde a la edad más joven, y una edad de $204,8 \pm 6,1$ Ma para la roca LMC-077, que corresponde a la edad más antigua en el Monzogranito de La Corcova. Ambas rocas muestran patrones similares, aunque el patrón de la muestra LMC-077 cruza localmente las otras rocas.

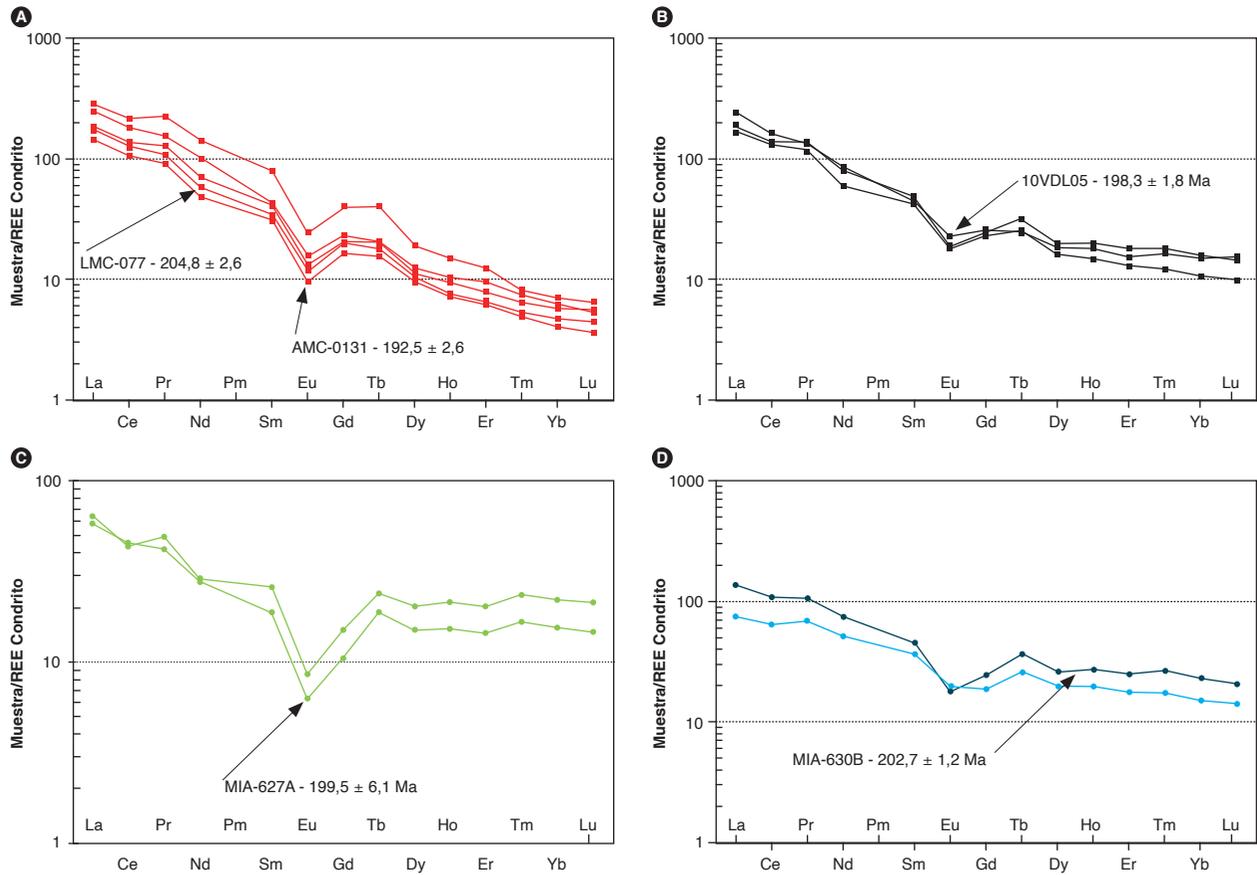


Figura 27. Diagramas de REE normalizados con respecto al condrito (Nakamura, 1974). Comparación de los patrones de las rocas del Monzogranito de La Corcova. A) Muestras de la facies normal y porfídica clasificadas como granitos. B) Muestras de la facies normal clasificadas como granitos y granodioritas (negro). C) Muestras de diques clasificadas como monzogranitos y sienogranitos (verde). D) Muestras de anfibolita y cuarzdiorita (azul)

El segundo patrón en los diagramas de elementos de las tierras raras (REE) normalizado con respecto al condrito según los valores de Nakamura (1974) (figura 27B) comprende una muestra de granodiorita (Van der Lelij, 2013, 10VDL05), una de granofelsa de Qtz-Fsp (MIA-631), clasificada químicamente como un granito y un monzogranito (LMC-078). El patrón de REE (figura 27B) muestra empobrecimiento progresivo desde las LREE hacia las HREE (con valores mayores que los de las muestras del patrón anterior), pendiente negativa y anomalía negativa de Eu, lo que se puede asociar a rocas generadas en un ambiente de arco. Estas rocas se encuentran distribuidas en la parte central y norte del plutón y en un dique que atraviesa el Neis de Bucaramanga. La edad U/Pb obtenida en la muestra 10VDL05 es de $198,3 \pm 1,8$ Ma, que en estas rocas sugiere un pulso magmático diferente, con una edad más antigua que la de las muestras agrupadas en la figura 27A y en la tabla 17.

El tercer patrón en los diagramas de elementos de las tierras raras (REE) normalizado a condrito según los valores de Nakamura (1974) (figura 27C) comprende dos muestras de diques (MIA-627A y JGB-460-A) clasificadas químicamente como granitos y petrográficamente como un monzogranito y un sienogranito, respectivamente. El patrón de las REE normalizado con respecto al condrito de Nakamura (1974) muestra una notable diferencia respecto de los dos patrones anteriores: presenta empobrecimiento progresivo desde las LREE hacia las HREE, con una pronunciada anomalía negativa de Eu y un patrón plano de las HREE entre Tb y Lu, con valores de veinte a treinta veces el condrito, patrón que se podría asociar a rocas generadas en un ambiente de arco. De la muestra MIA-627-A se obtuvo una edad promedio ponderada U/Pb de $199,5 \pm 4,6$ Ma, que permite sugerir que estos diques intruyen rocas que superan los 199 Ma dentro del plutón. Estas rocas se encuentran localizadas hacia

el centro y sur del cuerpo y representan un tercer pulso magmático de composición monzo-sienogranítico.

Por último, el cuarto patrón en los diagramas de elementos de las tierras raras (REE) normalizado con respecto al condrito según los valores de Nakamura (1974) (figura 27D) comprende una cuarzdiorita (MIA-630B) y una anfibolita con cuarzo (MIA-627B). El patrón de REE (figura 27D) de ambas rocas muestra un empobrecimiento progresivo desde las LREE hacia las HREE, una pendiente negativa y una anomalía negativa de Eu en la cuarzdiorita, mientras que la anfibolita no presenta la anomalía negativa de Eu. El patrón de ambas muestras se asocia a rocas generadas en un ambiente de arco, pero con diferente origen. La edad obtenida por el método U/Pb en la muestra de cuarzdiorita (MIA-630B) es de $202,7 \pm 1,2$ Ma, edad que corresponde a una de las más antiguas del Monzogranito de La Corcova.

En la tabla 18 se presentan las relaciones normalizadas con respecto al condrito de Nakamura (1974) correspondientes a algunas REE. Las rocas de dique presentan las menores sumatorias de REE (102,71 a 113,15), con unas relaciones $(Eu/Yb)_N$ de 0,4, $(Cs/Yb)_N$ de 2,88 a 1,99 y $(La/Yb)_N$ de 3,77 a 2,88 más bajas que las de las demás rocas del monzogranito analizadas. Las rocas que representan la facies normal y porfídica muestran notable diferencia respecto de las demás rocas en la relación $(La/$

$Yb)_N$, con valores muy altos (de 30,7 a 45,4) y la relación (Ce/Yb) entre 22,2 y 33,6. Las rocas del segundo patrón presentan valores de $(La/Yb)_N$ entre 11,8 y 15,8, y (Ce/Yb) entre 2,9 y 3,5. Las rocas de dique del tercer patrón tienen valores de $(La/Yb)_N$ entre 2,88 y 3,77, y (Ce/Yb) entre 1,99 y 2,88. La cuarzdiorita y la anfibolita presentan relaciones $(La/Yb)_N$ de 5,89 y 4,96, y $(Ce/Yb)_N$ entre 4,7 y 4,37, respectivamente.

El Monzogranito de La Corcova presenta generalmente relaciones $(La/Yb)_N > 2$, valores que se podrían asociar con rocas formadas en la corteza continental. Se presentan notables diferencias entre los cuatro patrones de REE con mayor o menor pendiente, lo que permite sugerir variaciones composicionales en los magmas, es decir, cambios en la fuente magmática en las rocas de cada patrón, con mayor o menor aporte del manto y de la corteza. Los valores altos de $(La/Yb)_N$, con patrones caracterizados por una pronunciada pendiente entre las LREE y las HREE, podrían representar mayores aportes de la corteza, periodos de mayor flujo magmático y/o corteza más gruesa. Los menores valores de $(La/Yb)_N$ podrían indicar mayores aportes al magma de material del manto y periodos de más bajo flujo magmático; menores pendientes en los patrones de REE podrían relacionarse con profundidades menores de génesis del magma (Girardi, 2008).

Tabla 18. Valores normalizados de REE según el condrito de Nakamura (1974) correspondientes a rocas del Monzogranito de La Corcova

IGM	Eu/Eu*	La _N /Yb _N	La _N /Sm _N	Ce _N /Yb _N	Ce _N /Sm _N	Eu _N /Yb _N	Sum-REE
900862	0,4	45,44	4,5	33,62	3,33	2,86	264,4
900861	0,5	40,78	5,8	29,62	4,21	2,55	350,7
900863	0,42	30,69	4,59	22,79	3,41	2,05	201,05
900929	0,52	30,73	5,09	22,21	3,68	2,35	241,55
900921	0,43	40,84	3,56	31,2	2,72	3,48	445,1
10	0,67	15,88	5,28	10,66	3,54	1,52	319,9
900930	0,59	15,78	3,96	12,24	3,07	1,74	250,83
900937	0,53	11,79	3,87	8,8	2,89	1,15	284,63
900931	0,45	3,77	3,13	2,88	2,39	0,4	102,71
900909	0,43	2,88	2,45	1,99	1,69	0,39	113,15
900936	0,55	5,89	2,97	4,7	2,37	0,8	241
900932	0,77	4,96	2,03	4,37	1,79	1,33	153,71

Los colores en la tabla indican la manera en que se agrupan las muestras y se relacionan con el color de las muestras en las figuras

En el diagrama multielemental de elementos trazas normalizado con respecto al NMORB (Sun y McDonough, 1989), las rocas del Monzogranito de La Corcova muestran un empobrecimiento en los elementos inmóviles Nb, Sr, Zr, Ti y P, lo que podría corresponder a una separación de fases minerales accesorias tales como titanita, rutilo, circón y apatito, reflejo de la evolución magmática (Winter, 2001), donde el Nb presenta un comportamiento geoquímico similar al Ti (figura 28). Valores altos de los elementos litófilos de alto radio iónico (LILE) Cs, Ba y Th indican una afinidad con corteza continental (márgenes convergentes), donde abundan estos elementos altamente incompatibles. Valores altos de Sr, K, Ba y Rb pueden deberse a su movilización a partir de fluidos que interactúan en la zona de subducción con el magma (figura 28A). Las anomalías negativas de Nb, Ti y P son

características de arcos magmáticos relacionados con ambientes de subducción, con empobrecimiento progresivo. Estas rocas también presentan una anomalía negativa de Nb con respecto al Th y Ce, signature geoquímica típica de magmas originados en ambientes tectónicos relacionados con arcos, con un patrón subparalelo en la mayoría de las muestras en cada grupo de rocas.

Los elementos traza más móviles (LILE) presentan concentraciones mayores que el N-MORB, mientras que los elementos traza menos móviles, en los patrones de diques (figura 28C), cuarzdiorita y anfibolita (figura 28D), presentan concentraciones por encima del N-MORB, y en las rocas monzograníticas de la facies normal y porfíricas (figura 28A y B), por debajo del N-MORB.

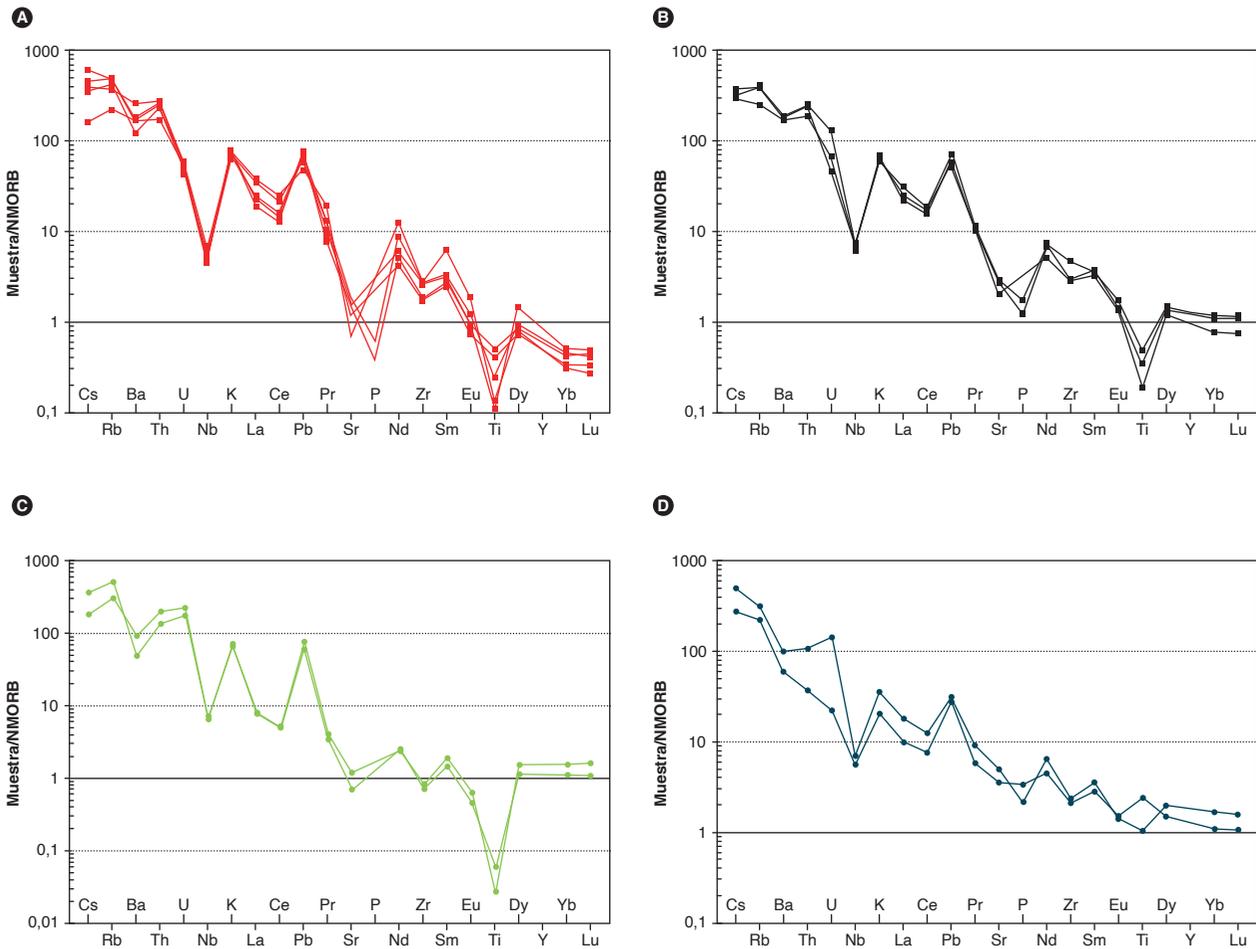


Figura 28. Diagrama multielemental normalizado con respecto a NMORB. Rojo: granitos de la facies normal y porfídica. Negro: granitos y granodioritas de facies normales del plutón. Verde: rocas de diques clasificadas como monzogranitos y sienogranitos. Azul: anfibolita y cuarzdiorita

Fuente: Sun y McDonough (1989) y este trabajo

Al observar los grupos de rocas que sugieren diferentes pulsos magmáticos en el Monzogranito de La Corcova, en el diagrama multielemental de elementos incompatibles (Sun y McDonough, 1989) se presentan pequeñas diferencias en los trenes de los elementos traza. Se resalta que las rocas de la facies normal y porfídica presentan mayores anomalías de titanio y valores más bajos que el N-MORB de Dy, Y, Yb y Lu.

4.3. Discriminación del ambiente tectónico

En los diagramas de Whalen *et al.* (1987) y de Frost *et al.* (2001), las rocas del Monzogranito de La Corcova se clasifican en el campo de los granitos tipo I y tipo S (figura 29 A y B); según los diagramas Rb/Zr vs. Nb de Martin (1994) (figura 29C) corresponden a granitos de arco magmático. El diagrama Rb/Zr vs. Nb de Martin (1994) indica que las rocas del Monzogranito de La Corcova pertenecen a un arco magmático normal. Se puede interpretar que el magma parental de los granitoides es de zona de subducción y que habría tenido dos fuentes: por un lado, un componente relacionado con la placa oceánica más los sedimentos oceánicos subducidos, y por otra parte, un componente importante perteneciente a la corteza continental, y la mayoría de las rocas se clasi-

ficarían entre granitos tipo S e I. Mineralógicamente, algunas rocas analizadas del Monzogranito de La Corcova tienen hornblenda y carecen de moscovita, presentan facies intermedias tonalíticas con hornblenda y biotita. El feldespato potásico es blanco y la biotita, parda; estas características se asocian a granitos tipo I altamente diferenciados. En el diagrama de Frost *et al.* (2001), las rocas asociadas a la facies porfídica pertenecen al campo de los granitos ferrosos, junto con las rocas de dique, mientras que las rocas monzograníticas y cuarzodioríticas más antiguas hacen parte del campo de los granitos magnesianos frecuentes en ambientes poscolisionales y de arcos, y pueden haber heredado esta condición de la fusión parcial de la corteza continental (Frost y Frost, 2008) (figura 29D).

Van der Lelij (2013) considera que los granitoides de Santander del Triásico-Jurásico presentan valores en roca total de ϵNdt , que se correlacionan bien con ϵHft del circón y hacen parte de los trenes de plutones formados por areniscas orogénicas recicladas y material de manto.

Los diques que intruyen el Monzogranito de La Corcova corresponden a granitos de arco magmático, según los diagramas Rb/Zr vs. Nb de Martin (1994) (figura 29C) y los arcanogramas de tierras raras.

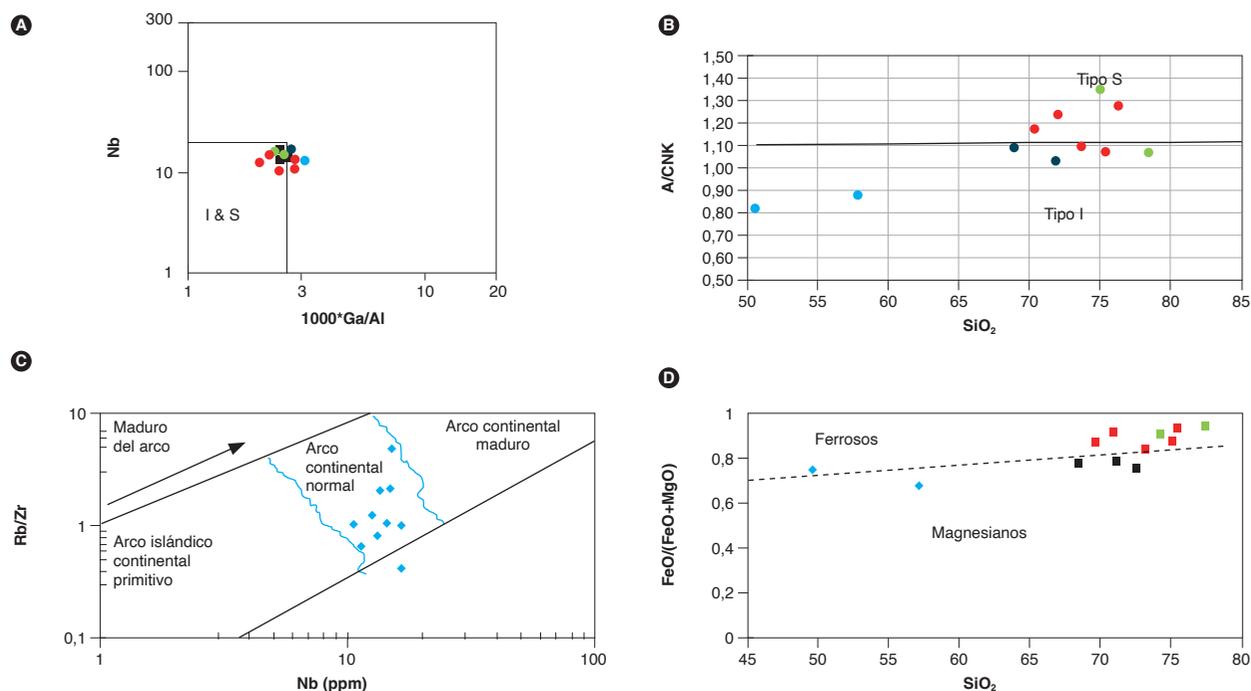


Figura 29. Diagramas discriminantes del ambiente tectónico de emplazamiento del Monzogranito de La Corcova. A) Diagrama de Whalen *et al.* (1987) de discriminación de granitos I, S, A. B) Diagrama de Frost *et al.* (2001) de discriminación de granitoides tipo I y S. C) Diagrama Rb/Zr vs. Nb de Martin (1994). D) Diagrama de Frost *et al.* (2001)

5. Posición estratigráfica y edad

El Monzogranito de La Corcova intruye la formación Silgará, el Neis de Bucaramanga y, localmente, el Ortoneis de Berlín (Ward *et al.*, 1973). Además, está atravesado por diques graníticos de edad Jurásica.

Los primeros resultados radiométricos de este cuerpo fueron presentados por Goldsmith *et al.* (1971), quienes obtuvieron edades utilizando el método K-Ar en moscovita y biotita; las edades obtenidas fueron de 195 ± 7 Ma en la moscovita y 111 ± 4 Ma en la biotita. El resultado en moscovita es interpretado como la edad del emplazamiento de los batolitos (Goldsmith *et al.*, 1971) y da una edad semejante a las edades K/Ar en biotita de rocas de los batolitos principales del Macizo de Santander (Ward *et al.*, 1973). La edad obtenida en la biotita fue interpretada por Goldsmith *et al.* (1971) como indicativa de un evento térmico local no identificado que afectó a la biotita; sin embargo, hay que considerar el estado de alteración de la biotita analizada, ya que el resultado pierde validez si la biotita se encontraba cloritizada.

Ward *et al.* (1973) sugirieron que el Monzogranito de La Corcova parecería ocupar una posición intermedia en el tiempo entre las rocas ígneas granodioríticas grises y las ígneas rosadas más graníticas.

Recientemente, Van der Lelij (2013) presentó una datación obtenida con el método U-Pb en circón, y reportó una edad de $198,3 \pm 1,8$ Ma para una muestra de dique del Monzogranito de La Corcova (10VDL05) en el Neis de Bucaramanga. La muestra presenta paralelismo con las rocas de composición granítica que se localizan en el interior del plutón en los arcnogramas de REE normalizados con respecto a condrito de Nakamura (1974), lo que permite sugerir que hace parte de uno de los pulsos que dieron origen a este plutón (figura 27B).

Para este proyecto se dataron cinco muestras, cuatro de ellas tomadas en el interior del Monzogranito de La Corcova y una quinta correspondiente a un xenolito del Neis de Bucaramanga en el interior del plutón. Las dataciones se relacionaron con los patrones geoquímicos de los arcnogramas de tierras raras normalizados con respecto a condrito de Nakamura (1974), con el objeto de entender los pulsos magmáticos que dieron origen a todo el cuerpo y su distribución espacial y temporal, y regionalmente poder correlacionar estos eventos con otros presentes en cuerpos triásico-jurásicos del Macizo de Santander. Los resultados y la localización de las dataciones se presentan en la figura 1 y en la tabla 19.

La separación de los minerales densos se realizó en el Laboratorio químico del Servicio Geológico Colombiano, sede Medellín, mediante separación hidrodinámica y magnética, y también se realizó, allí mismo, el montaje de los circones. Las muestras AMC-031 y LMC-077 se dataron por el método U-Pb en circones en el laboratorio de Ablación Laser del Servicio Geológico Colombiano utilizando un equipo de ablación laser Photon Machines, con un láser exímer de 193 nm y un espectrómetro ICP-Masas Element 2. Se utilizaron como patrones de referencia Plesovice, 91500 y M. Dromedry. Los puntos analizados fueron de 20 micrones, y la reducción de datos se realizó mediante el programa Iolite IGRopro. Se utilizaron tiempos de integración para la línea base de 0 s-38 s y para las muestras y patrones de referencia 32,5 s-8 s, tiempos que concuerdan con el tiempo de corrida de los análisis. Los isótopos utilizados para la integración manual fueron ^{238}U , Pb^{206} y Pb^{204} . Los resultados finales corresponden a la media de los datos obtenidos luego de aplicar una discriminación de datos con dos desviaciones estándar. El procesamiento se llevó a cabo utilizando las rutinas de Isoplot V3.5, y la corrección por plomo común se realizó de acuerdo con el modelo de evolución de Stacey y Krammers (1975).

Las muestras MIA-630B, MIA-627A y AMC-0128A fueron enviadas al Laboratorio de Estudios Isotópicos (LEI) del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), campus Juriquilla. La metodología utilizada fue la siguiente: las concentraciones de U y Th fueron calculadas empleando un circón estándar externo, de acuerdo con Paton *et al.* (2010). Las incertidumbres de sigma 2 propagadas se lograron según Paton *et al.* (2010). Las proporciones $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, edades y errores se calcularon según Petrus y Kamber (2012). Los puntos analizados fueron de 23 micrómetros. Se utilizó el protocolo de análisis modificado de Solari *et al.* (2010). Los datos se midieron empleando un Thermo X series QICPMS acoplado a un *resonetics*, y una estación de trabajo láser exímer Resolución M050. Se realizó un análisis estadístico con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad proporcionada por el laboratorio, teniendo en cuenta la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) \times 100$, y se eliminaron los datos de circones con valores discordantes que estuvieran, en general, por encima del 15% y errores de más del 5%. Los gráficos de concordia e histogramas se elaboraron en el software de Isoplot/Ex vers, 4,15 (Ludwig, 2012).

Tabla 19. Resultados de geocronología en muestras del Monzogranito de La Corcova obtenidos por el método LA-MC-ICP-MS U-Pb en circones

IGM-SD	N. campo	W	N	Plancha	Clasificación	Edad	N.º Zr
900929	LMC-077	1112260	1283759		Monzogranito	204,8 ± 6,1	48
900936	MIA-630B	1114060	1270011	120	Cuarzodiorita	202,7 ± 1,2	35
900931	MIA-627A	1119356	1257497	120	Monzogranito-dique	199,5 ± 4,6	35
900863	AMC-0131	1114638	1284010	109	Sienogranito	192,5 ± 2,6	52
900861	AMC-0128A	1114798	1281084	109	Xenolito-granofelsa de Qtz-Pl-Kfs	462,7 ± 3,1	35

De la facies monzogranítica se dató la muestra LMC-077 (IGM-900929), localizada en la parte norte del cuerpo intrusivo, correspondiente a un monzogranito equigranular. Se obtuvieron circones prismáticos cortos achatados, algunos fracturados, de tamaños entre 50 y 100 μm . Las imágenes de catodoluminiscencia (CL) de estos circones evidenciaron zonación oscilatoria, con núcleo gris claro y algunos núcleos heredados.

Se filtraron los datos para descartar los circones con valores discordantes (discordancia > 10%) y errores de edad corregida mayores de 5, con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad, que presentaba un amplio rango entre 196 y 1426 Ma. Se tomó como grupo más coherente $n = 8$ circones, que arrojaron una edad promedio ponderada de $204,8 \pm 6,1$ Ma, con $\text{MSWD} = 5,3$, edad que se interpretó como la de cristalización de la roca. Se presentó un segundo grupo de circones ($n = 11$), concordantes, con edades entre 211 y 232 Ma, que arrojaron una edad promedio ponderada de $224,1 \pm 4,9$ y $\text{MSWD} = 5,2$, que se interpretó como una edad de cristalización heredada (figura 30). El diagrama de discordia presenta una amplia dispersión de edades concordantes entre 196 y 242 Ma, sin que se observe una agrupación de los datos definida.

En circones de la muestra LMC-077, las razones Th/U varían entre 0,4 y 1 para el grupo de los ocho circones ($n = 8$) que se tomaron para definir la edad promedio ponderada, relación que sugiere una cristalización ígnea (Rubatto, 2002). La muestra LMC-077 presenta una edad de 230 Ma ($n = 1$), con una relación Th/U < 0,1, que sugiere un cirión metamorfo heredado; además, presenta núcleos con edades heredadas de $224,1 \pm 4,9$ ($n = 11$), del Paleozoico, entre 259 y 498 Ma ($n = 15$), del Neoproterozoico ($n = 3$) y del Mesoproterozoico ($n = 1$), que se resumen en el gráfico de densidad de probabilidad de la figura 30.

De las rocas intermedias de borde se dató la muestra MIA-630B, clasificada como cuarzodiorita, que aparece

también como xenolitos dentro de la facies monzogranítica. De la muestra MIA-630B se obtuvieron circones prismáticos, cortos y achatados, de color púrpura tenue, algunos fracturados, de tamaños entre 50 y 100 μm . Las imágenes de catodoluminiscencia (CL) evidenciaron una zonación concéntrica.

Los análisis efectuados en la muestra MIA-630B fueron todos concordantes. Inicialmente se filtraron los datos para descartar los circones con valores discordantes (discordancia > 10%) y errores de edad corregida mayores de 5, con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. El grupo más consistente lo conformaron 28 circones ($n = 28$), con una edad promedio ponderada de $202,7 \pm 1,2$ Ma y $\text{MSWD} = 1,5$, que se interpretó como la edad de cristalización de la roca. Se presentó un segundo grupo de circones con edades entre 207,3 Ma y 213 Ma, y edad promedio ponderada de $210,48 \pm 0,92$ Ma ($n = 7$) y $\text{MSWD} = 0,79$, que se interpretó como una edad de cristalización heredada (figura 31).

Las razones Th/U correspondientes a la muestra MIA-630B varían entre 1 y 4 en los circones, de los que se obtuvo la edad promedio ponderada y la edad heredada, relación que sugiere cristalización ígnea (Rubatto, 2002). Un cirión arrojó una edad de 80 Ma, con una relación Th/U = 0,48, menor que la del resto de circones, lo que podría indicar contaminación de la muestra por procesos naturales.

Se dató una tercera muestra correspondiente a diques que atraviesan el cuerpo intrusivo (muestra MIA-627A). Los circones, que se separaron de un saprolito de la roca, se presentan fracturados, de tamaños gruesos y tonalidades púrpuras, en general corto-prismáticos, con tamaños de hasta 240 μm . En CL presentan zonamiento prevalentemente oscilatorio. Para interpretar los datos obtenidos de la muestra MIA-627A, fueron procesados en el software de Isoplot/Ex vers. 4,15 (Ludwig, 2012) (figura 31).

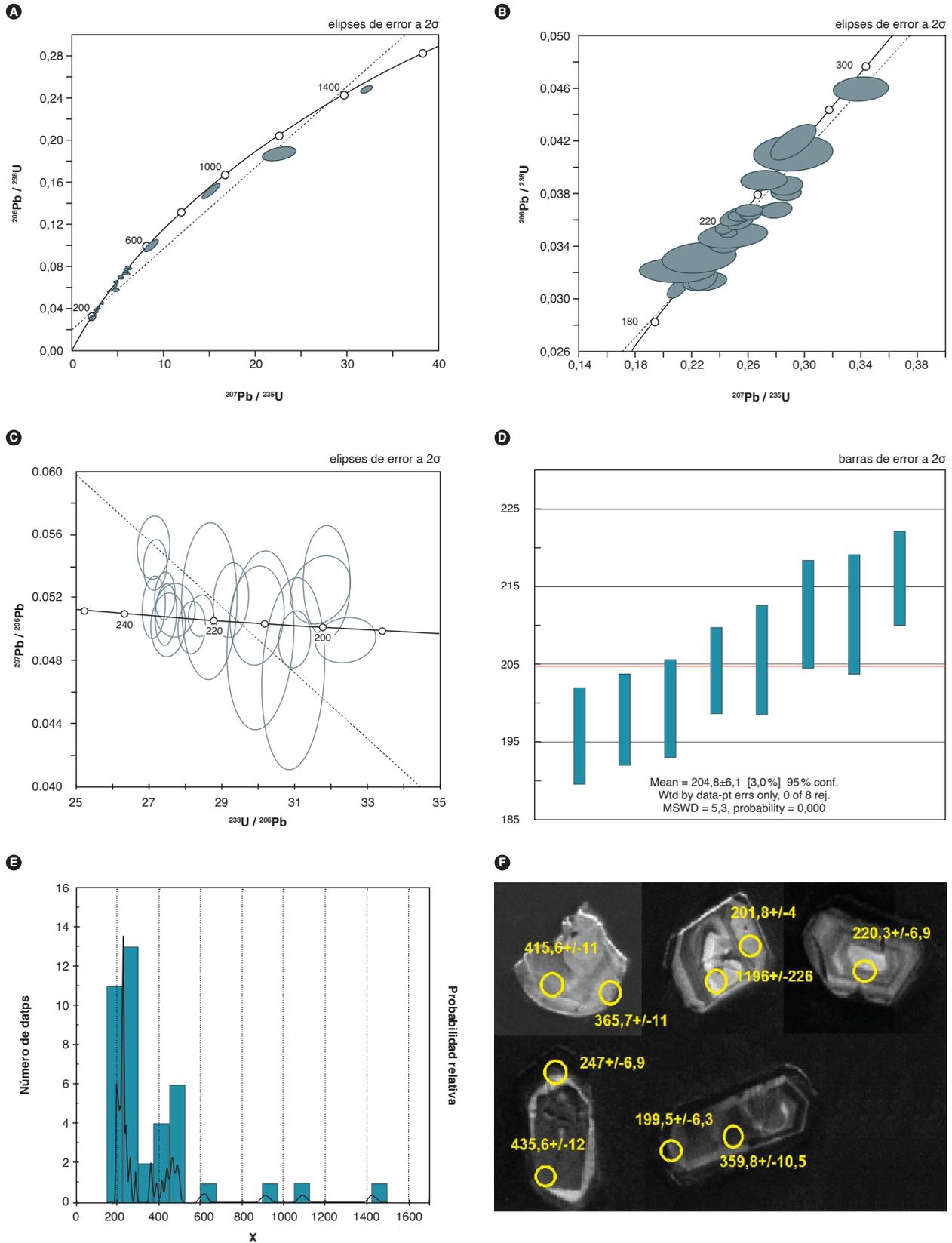


Figura 30. Muestra LMC-077. A) Diagrama de concordia. B) Detalle de edades concordantes entre 180 y 300 Ma. C) Diagrama de Tera-Wasserburg. D) Edad promedio ponderada. E) Diagrama de densidad de probabilidad. F) imágenes de catodoluminiscencia y edades U-Pb en circones

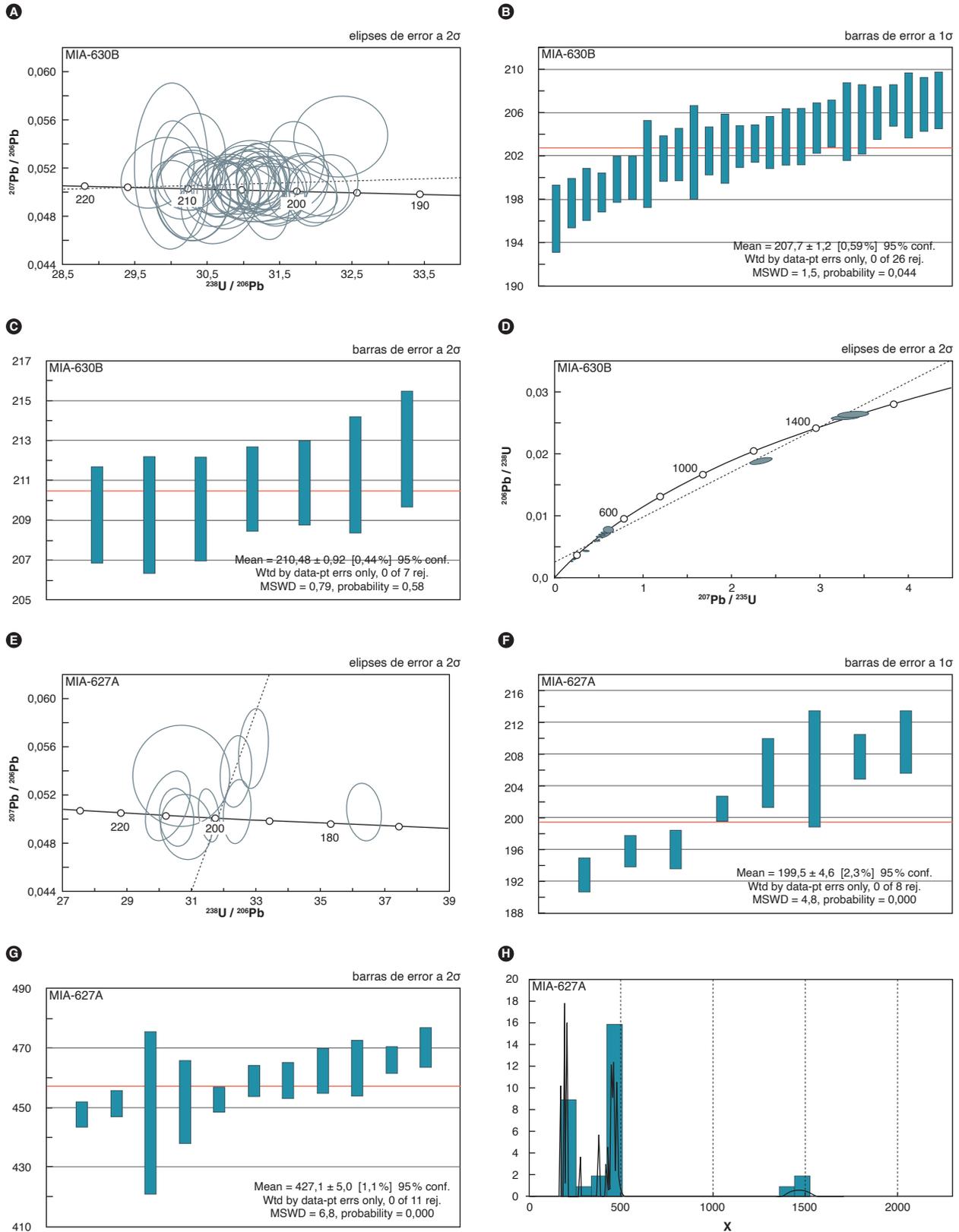


Figura 31. Muestra MIA-630B. A) Diagrama Tera-Wasserburg. B) Edad promedio ponderada. C) Edad promedio ponderada de circones heredados, muestra MIA-627A. D) Diagrama de concordia. E) Gráfico Tera-Wasserburg. F) Diagrama de densidad de probabilidad. G) Edad promedio ponderada de circones heredados. H) Histograma de densidad de probabilidad

Inicialmente se filtraron los datos para descartar los circones con valores discordantes (discordancia > 10%), de acuerdo con la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) \times 100$, y errores de edad corregida mayores de 5, con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. Los resultados obtenidos presentaron una distribución concordante, pero bastante variada, desde ca. 175 Ma (un cristal) hasta ca. 1500 Ma (dos análisis concordantes) (figura 31).

El grupo más consistente lo conformaron ocho circones ($n = 8$), con una edad promedio ponderada de $199,5 \pm 4,6$ Ma (límite Triásico tardío-Jurásico temprano) y $\text{MSWD} = 4,8$, que se interpretó como la edad de cristalización de la roca. Además, se obtuvieron edades heredadas del Pérmico (281 Ma, $n = 1$), Devónico (382 Ma, $n = 1$), Silúrico (419 y 430 Ma, $n = 2$), Ordovícico, con una edad promedio ponderada de $457,1 \pm 5$, $n = 11$ y $\text{MWSW} = 6,8$; edades entre 481 Ma y 484 Ma ($n = 3$), Cámbrico (495 Ma, $n = 1$) y edades mezoproterozoicas (1418 Ma a 1498 Ma, $n = 3$) obtenidas en núcleos de circones y en xenocristales. La edad promedio ordovícica de $457,1 \pm 5$ Ma es similar a las edades obtenidas en rocas del Neis de Bucaramanga y en un xenolito de esta unidad perteneciente al Monzogranito de La Corcova.

En el gráfico de Th/U vs. Edad (figura 32) correspondiente a circones de la muestra MIA-627A se observa un conjunto de datos con edades de alrededor de 200 Ma, con relaciones Th/U que varían entre 0,01 y 1,2, valores variables que no muestran un conjunto de datos defini-

dos que sugieran un solo origen. Los circones heredados muestran relaciones Th/U diversas: circones paleozoicos entre 0,1 y 0,6, y escasos alrededor de 1, sugieren un origen ígneo, y los mesoproterozoicos con relaciones Th/U entre 0,4 y 0,5 también sugieren un origen ígneo.

Se dató la muestra AMC-0131 mediante el estudio de circones que se obtuvieron a partir de una roca clasificada petrográficamente como sienogranito, que se asocia con la facies porfirítica del Monzogranito de La Corcova. Se obtuvieron circones euhedrales, entre los que predominaban los prismáticos cortos y transparentes de tonalidad rosa, con pocas inclusiones fluidas, con un tamaño promedio de 200 μm en la dimensión mayor y 100 a 150 μm en la menor, algunos de 50 x 100 μm . Se obtuvo una segunda población de circones subesféricos euhedrales de color lila con tamaños entre 90 x 100 μm y 180 x 180 μm . Las imágenes de catodoluminiscencia (CL) evidenciaron una zonación concéntrica típica de circones ígneos, con núcleos más luminiscentes y algunos núcleos heredados.

Se filtraron los datos para descartar los circones con valores discordantes (discordancia > 10%), de acuerdo con la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) \times 100$, y errores de edad corregida mayores de 5, con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. Las edades obtenidas se distribuyeron a lo largo de la curva de concordia desde 183 Ma hasta 1.333 Ma, lo que puso en evidencia un grupo coherente de edades entre 183 y 204 Ma ($n = 24$), que arroja una edad prome-

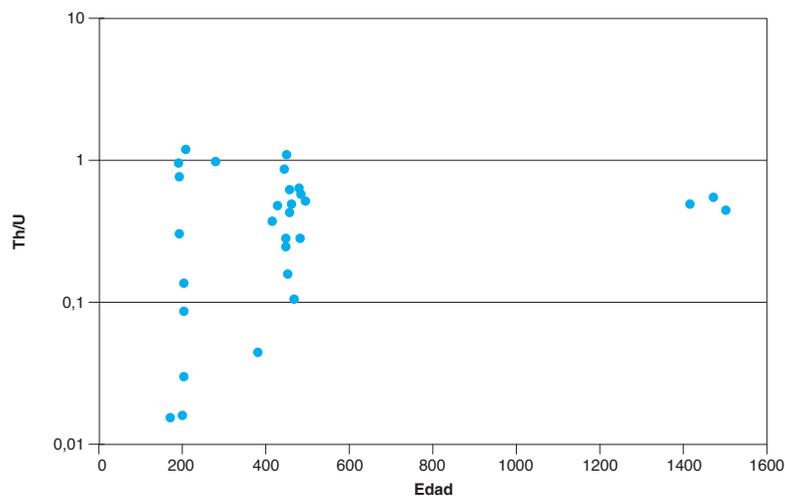


Figura 32. Gráfico de relación Th/U vs. edad en circones de la muestra MIA-627A

dio ponderada de $192,5 \pm 2,6$ Ma (sinemuriana), con un MSWD = 3,8, que se interpreta como la edad de cristalización de la roca (figura 33). Igualmente, se presentaron circones heredados con edades del Carbonífero (338 Ma, $n = 1$); Devónico (405 a 413 Ma, $n = 3$); Ordovícico (445 a 476, $n = 5$); Neoproterozoico (865 a 991, $n = 4$), Mesoproterozoico (1006 a 1333, $n = 8$) concordantes y discordantes (figura 33 C y D).

La muestra AMC-0131 presenta relaciones Th/U por encima de 0,1 y alrededor de 1 en los circones, que arrojaron la edad promedio ponderada Jurásica Inferior de $192,5 \pm 2,6$ Ma, que sugiere un origen ígneo (figura 34). Las relaciones Th/U en circones con edades del Paleozoico y del Precámbrico están entre 0,2 y 1, y son similares a las de circones de origen ígneo. Tres circones revelan valores inferiores a 0,1, que podrían sugerir origen metamórfico.

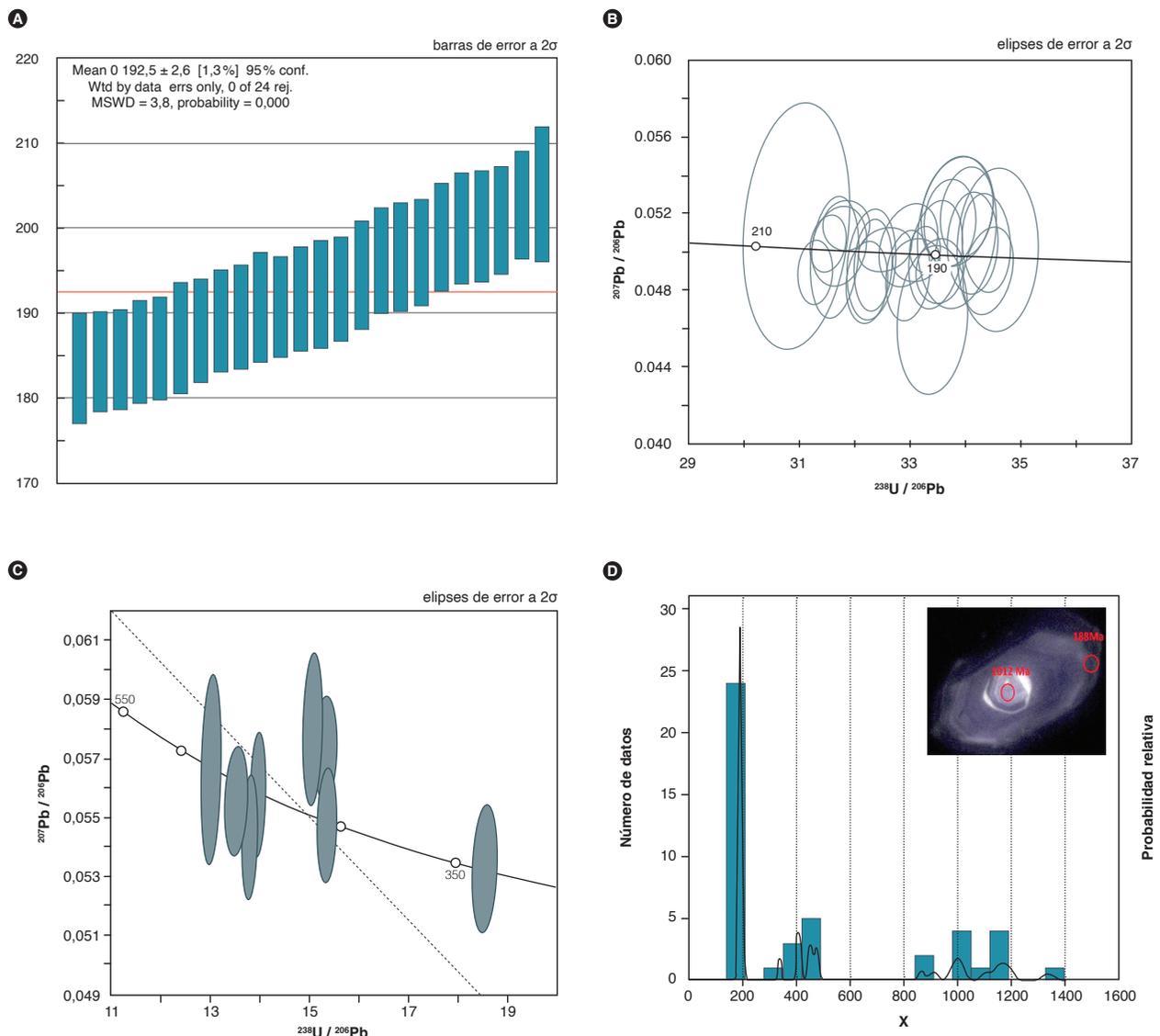


Figura 33. Muestra AMC-0131. A) Edad promedio ponderada en circones jurásicos. B) Diagrama Tera-Wasserburg correspondiente a circones jurásicos. C) Diagrama de concordia de circones paleozoicos. D) Histograma de densidad de probabilidad

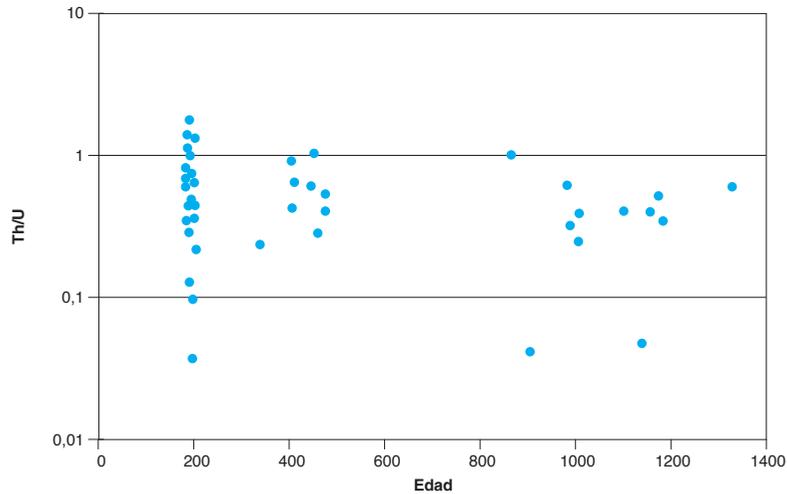


Figura 34. Diagrama de relación Th/U vs. edad en circones de la muestra AMC-0131

La muestra AMC-0128A corresponde a un xenolito de granofelsa de Qtz+fsp con Bt, que se correlaciona con el Neis de Bucaramanga y se encuentra en el interior del Monzogranito de La Corcova. Los circones obtenidos de esta muestra fueron prismas cortos euhedrales; las imágenes de CL muestran que estos circones presentan estructuras internas complicadas, con núcleos oscuros, zonamiento oscilatorio y sobrecrecimientos altamente luminiscentes. Los datos obtenidos de estos circones al graficarlos muestran en la concordia una posición que va desde 400 hasta unos 550 Ma, con una densidad máxima en el rango de ca. 460 hasta ca. 500 Ma. Un único circón sugiere una herencia neoproterozoica. Se interpretó, en este caso, que el rango entre 460 y 500 Ma indica una cristalización continua del magma. Se filtraron los datos para descartar los circones con valores discordantes (discordancia > 5%), de acuerdo con la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) \times 100$, y errores de edad corregida mayores de 5, con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. La mejor aproximación a la edad de cristalización lo arrojó un grupo cohe-

rente de nueve circones ($n = 9$), con una edad promedio ponderada de $462,7 \pm 3,1$ con $\text{MSWD} = 1,7$ (figura 35). Un segundo grupo de edades coherentes, representado por diecinueve circones ($n = 19$) arrojó una edad promedio ponderada de $482,4 \pm 3,3$ y $\text{MSWD} = 4,6$, que se interpretó como una edad heredada dentro del mismo tren de cristalización (figura 35).

En la muestra AMC-0128A un único circón arrojó una edad de 382,3 Ma, que se encuentra sobre la curva de concordia, pero no es posible saber su significado geológico; además, el sitio de ablación se encuentra en el interior del cristal. Esta muestra presenta igualmente edades heredadas cámbricas (525 y 534 Ma, $n = 2$) y mesoproterozoicas (1029 Ma, $n = 1$), obtenidas en núcleos de circones más luminiscentes.

La muestra AMC-0128A presenta relaciones Th/U en los circones que arrojaron edades paleozoicas de alrededor de 1, valor que sugiere origen ígneo, y en el caso de la edad Precámbrica arrojó una relación Th/U < 0,1 lo que sugiere un origen metamórfico.

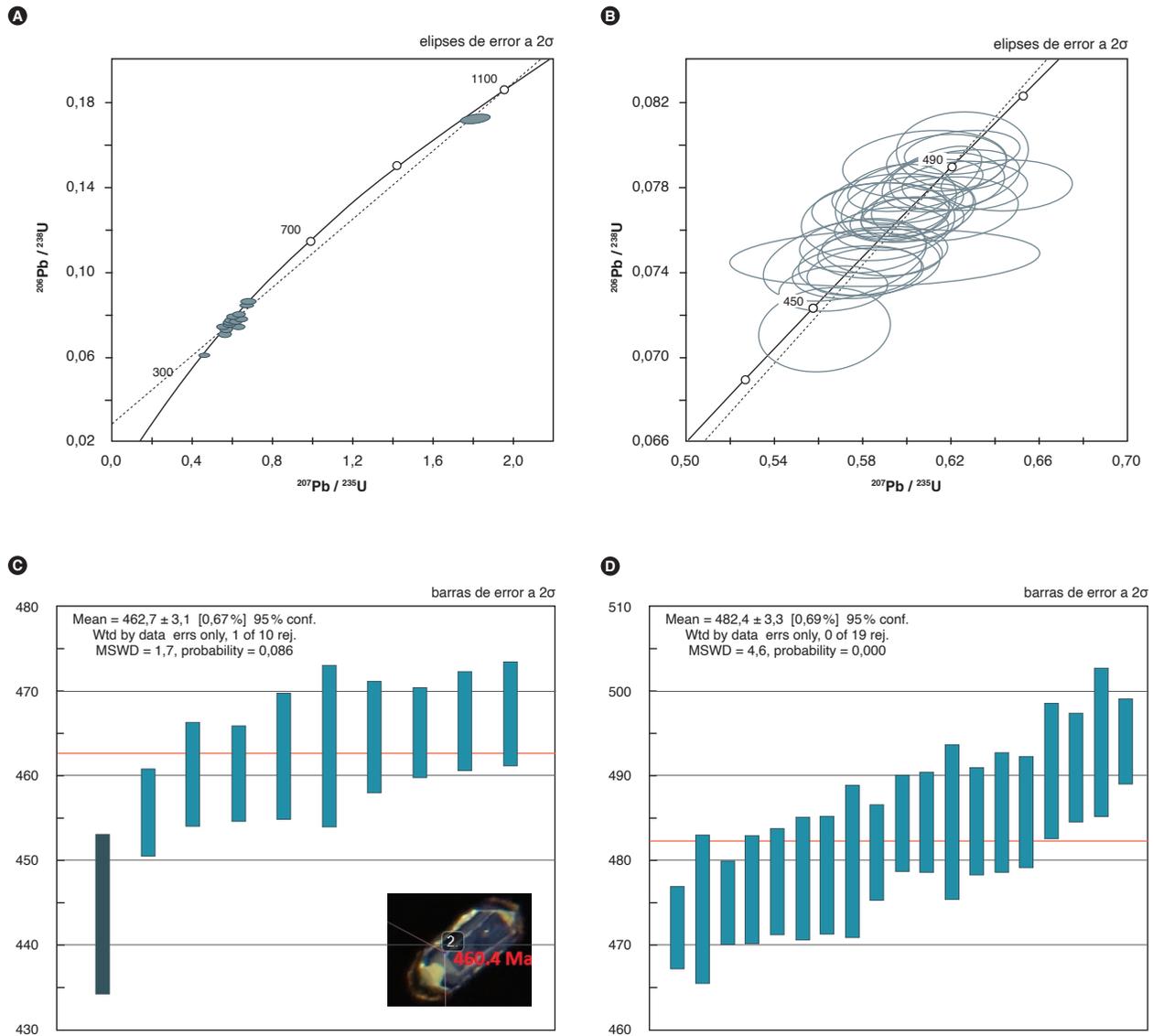


Figura 35. Muestra AMC-0128A. A) Gráfico de concordia. B) Gráfico de concordia correspondiente a circones con edades paleozoicas. C) Edad de cristalización promedio ponderada en circones ordovícicos. D) Edad promedio ponderada en circones ordovícicos heredados

Las edades obtenidas en el Monzogranito de La Corcova muestran una edad inicial de cristalización de $204,8 \pm 6,1$ Ma en circones separados de un monzogranito (LMC-077), y $202,7 \pm 1,2$ en diorita del borde del cuerpo intrusivo (MIA-630B), siendo estas las edades más antiguas obtenidas en el plutón, seguidas por edades de cristalización en rocas sienograníticas y monzograníticas de alrededor de $198,3 \pm 1,8$ Ma (muestra 10VDL05). Probablemente un pulso posterior originó diques de sienogranito (que se emplazaron en las rocas monzograníticas y en unidades metamórficas encajantes, con edad promedio de $199,5 \pm 4,6$ Ma (muestra MIA-

627 A). Por último, en el plutón se reconoce una facies porfídica monzogranítica tardía que intruye facies monzograníticas anteriores, con una edad de cristalización de $192,5 \pm 2,6$ Ma (muestra AMC-0131), que representa el pulso más joven encontrado en rocas de este cuerpo intrusivo.

Al comparar la edad obtenida en circones de un xenolito de neis cuarzo-feldespático, probablemente del Neis de Bucaramanga, con las edades de núcleos heredados de los circones de muestras del Monzogranito de La Corcova, se encontró que coinciden las de los circones del xenolito y las de los circones heredados (figura 36).

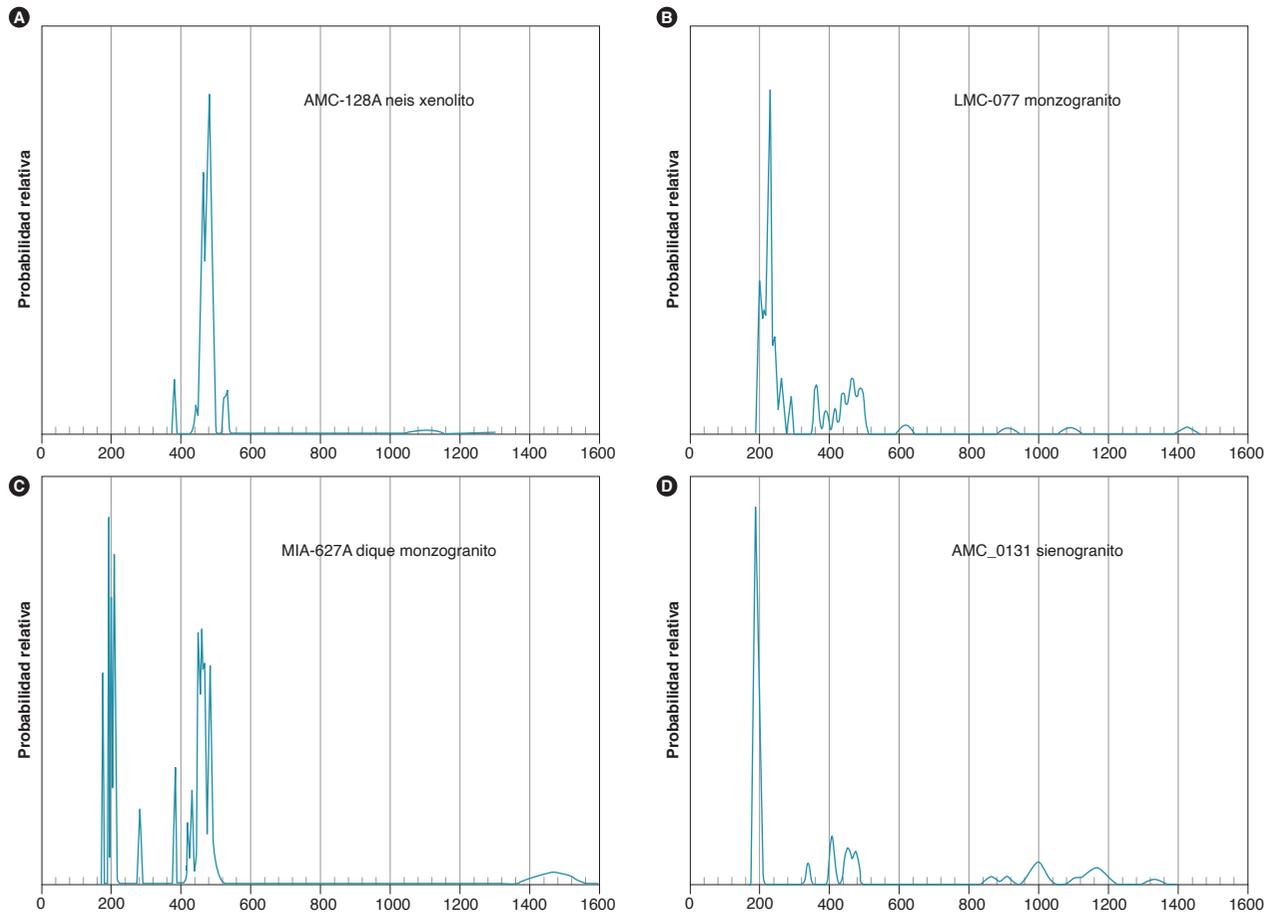


Figura 36. Diagramas de densidad de probabilidad en los que se comparan las edades de circones heredados de rocas y diques del Monzogranito de La Corcova con las edades obtenidas en un xenolito del neis de Bucaramanga

5.1. Geoquímica de elementos traza en circones

El análisis mediante ICP-MS permitió determinar la abundancia de los elementos traza de cada circón en las muestras MIA-630B, MIA-627 A y AMC-01 28A (anexo 2). Los valores de REE se normalizaron con respecto a condrito según McDonough y Sun (1995) y se calcularon las relaciones Pm^* y Tm^* de cada uno de ellos. En el análisis de los elementos traza se tuvieron en cuenta las edades obtenidas en cada circón, y se agruparon por edades. En las muestras MIA-627A, MIA-630B y AMC-01 28A se observó un patrón de REE con anomalía positiva de Ce y negativa de Eu, característico de circones ígneos, sin tener en cuenta la edad arrojada por cada circón (figura 37). La muestra MIA-630B presenta una me-

nor anomalía negativa de Eu que las otras dos muestras. Los circones que arrojaron edades del Proterozoico en la muestra MIA-627A presentaron una anomalía positiva de Ce y una anomalía negativa de Eu, con menores valores de Pr que el resto de circones. El circón Zr-138 de la muestra MIA-630B arrojó una edad de 80 Ma y presentó un patrón ígneo con mayor anomalía de Eu que los demás circones, que en su mayoría tienen patrones paralelos. El cristal Zr-172 no presenta anomalía de Eu y se cruza con el patrón del resto de circones. En la muestra AMC-01 28A, los circones Zr-037, Zr-0,39 y Zr-0.68 presentan un patrón horizontal entre La y Sm, diferente del de los demás circones.

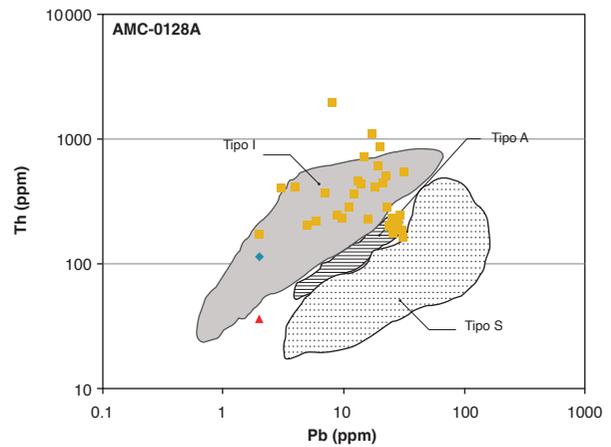
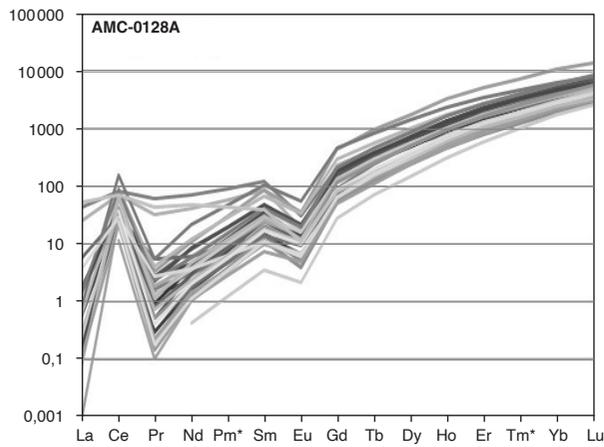
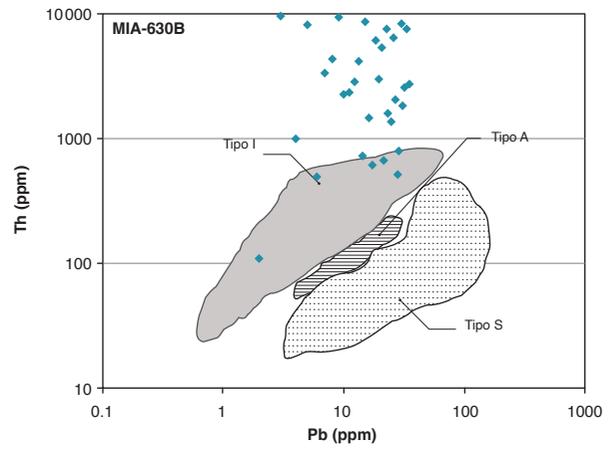
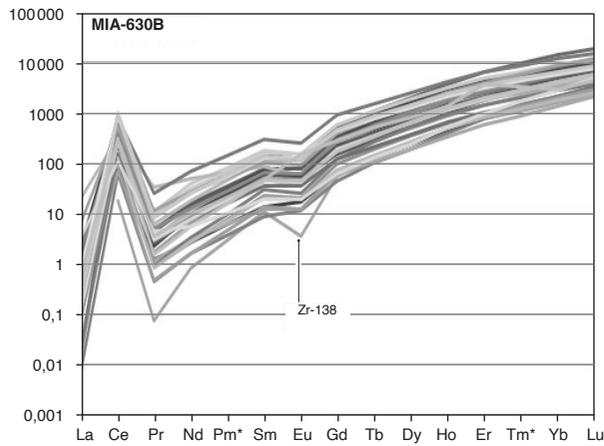
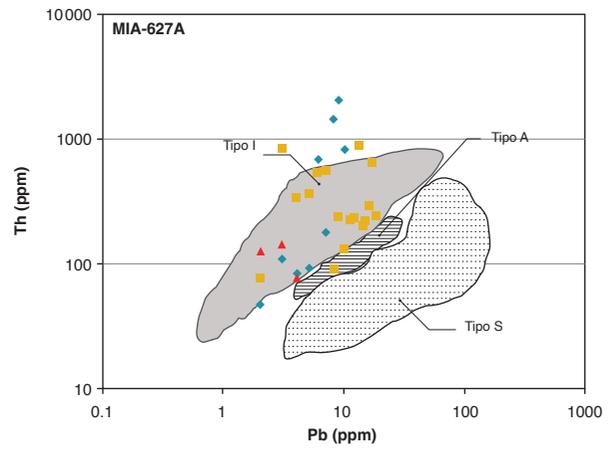
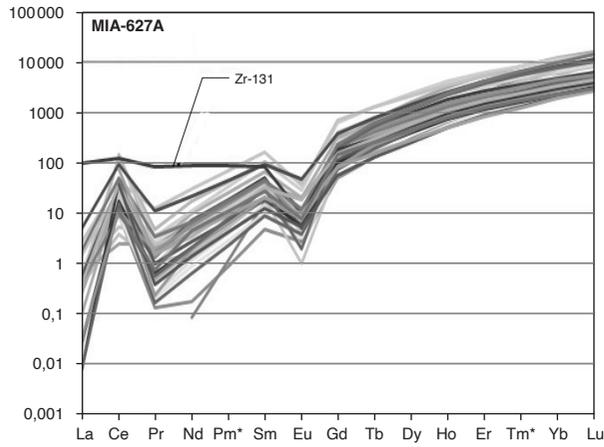


Figura 37. Patrones de los elementos de las tierras raras (REE) normalizados según el condrito de McDonough y Sun (1995), en circones de las muestras MIA-627A, MIA-630B y AMC-0128A, y tipo de magma según los valores de Th y Pb (diagrama de Wang *et al.*, 2012), en muestras tomadas en el Monzogranito de La Corcova. En azul, circones con edades jurásicas a triásicas superiores, y en ocre, circones heredados del Paleozoico al Precámbrico

En el diagrama de Th vs. Pb se observa que los circones de la muestra MIA-627A, con edades triásico-jurásicas, pertenecen al campo de los granitos tipo I, al igual que los circones con edades heredadas del Paleozoico al Mesoproterozoico (diagrama modificado de Wang *et al.*, 2012) (figura 37). En su mayoría, los contenidos de Pb y Th en circones de la muestra MIA-630B, con edades entre 196 y 213 Ma, se sitúan por fuera del campo de los granitos tipo I, debido a sus altos valores en Th > 1000 ppm. Los valores de los contenidos de Pb y Th en circones de la muestra AMC-0128A, correspondiente a un xenolito metamórfico con edades entre 382 y 1099 Ma, al ser graficados en el diagrama de Th vs. Pb, permiten observar que la mayoría de los circones se localizan en el campo de los granitos tipo I, y algunos pocos alcanzan el campo de los granitos tipo A, lo que, de acuerdo a Wang *et al.* (2012), se puede presentar en granitos altamente evolucionados, de los que no hay una buena discriminación. Por lo tanto, se presenta una distribución similar entre los circones heredados en la muestra MIA-627A y los circones del xenolito de la muestra AMC-0128A.

6. Correlaciones

El Monzogranito de La Corcova hace parte de los cuerpos ígneos producto del magmatismo triásico-jurásico, que se emplazaron en el basamento metamórfico del Macizo de Santander y cuya correlación se extiende tanto a los cuerpos subvolcánicos porfídicos como a los cuerpos plutónicos de composición granítica, entre los que se destacan la tonalita y granodiorita de páramo Rico (Ward *et al.*, 1973), el Batolito de Mogotes (Ward *et al.*, 1973, Correa Martínez *et al.*, 2016), el Granito de Pescadero (Ward *et al.*, 1973; Zapata *et al.*, 2016), el Monzogranito de Rionegro (Arango *et al.*, 2016) y pequeños plutones subvolcánicos, como las Riolitas de El Uvo (Zapata *et al.*, 2018), la Riolita de San Joaquín (Rodríguez *et al.*, 2018) y la Riolita del Alto Los Cacaos (Correa *et al.*, 2018).

7. Localidad tipo

La sección tipo del Monzogranito de La Corcova se encuentra a lo largo de la carretera Bucaramanga-Páramo de Berlín, entre las coordenadas X: 1113267, 116656 y Y: 1280836, 1281584. Como sección tipo alternativa se presenta la vía terciaria Piedecuesta-sector La Neveira, y en la carretera que de Los Curos conduce a Guaca (cuadrángulo H-12), donde se puede observar el con-

tacto intrusivo del Monzogranito de La Corcova con el Neis de Bucaramanga y afloran rocas miloníticas, neises y granofélsicos instruidos por rocas asociadas a este plutón.

8. Génesis

El Monzogranito de La Corcova presenta una mineralogía característica de granitoides tipo S e I, con presencia de feldespato potásico de color blanco, biotita parda, escasa hornblenda y magnetita e ilmenita, comunes en plutones altamente diferenciados, de acuerdo con Chappell y White (2001). Se presentan gabarros de rocas ígneas intermedias con presencia de hornblenda que son frecuentes en granitos tipo I. La química de las rocas permitió ubicarlas en el campo de los granitos tipo I, peraluminosos, y la geoquímica de los elementos traza en circones los situó igualmente en el campo de los granitos tipo I.

Las características macroscópicas y microscópicas de las rocas del Monzogranito de La Corcova, como texturas equigranulares, inequigranulares, aplíticas sacaroidales y porfídicas, son indicativas de un emplazamiento epizonal a subvolcánico del cuerpo, emplazamiento que ocurrió en un basamento metamórfico que sufrió fusión e incorporó xenocristales de circón y bloques a manera de xenolitos del Neis de Bucaramanga y de la formación Silgará.

Los monzogranitos presentan comúnmente ortosa pasando a microclina pertítica, característica de rocas plutónicas que se forman en ambientes de temperaturas intermedias.

La química mineral obtenida en cristales de biotita, en un monzogranito de la facies principal del plutón, permitió asociarlo a rocas de las series calcoalcalinas orogénicas y a rocas peraluminosas, de acuerdo con el diagrama de Abdel Rahman (1994). Este resultado es concordante con los de la química de óxidos de elementos mayores, que permitió clasificar las rocas como subalcalinas de la serie calcoalcalina alta en K y peraluminosas.

El Monzogranito de La Corcova presenta valores de SiO₂ entre 69,56 y 75,45%. Los valores de Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, Na₂O y CaO disminuyen con el aumento de SiO₂; el K₂O varía entre 4,6 y 5,3%; el CaO varía entre 0,7 y 2,5%; MgO < 1; las relaciones K₂O/Na₂O > 1, con alto contenido de álcalis (Na₂O + K₂O), y Al₂O₃ > CaO+Na₂O+K₂O. Se trata de granitos de la serie calcoalcalina alta en K. Las rocas también presentan un enriquecimiento en tierras

raras livianas (LREE) de más de cien veces con respecto al valor del condrito, que se va empobreciendo progresivamente hacia las tierras raras pesadas (HREE), comportamiento normal en rocas generadas en ambientes de subducción (arco).

La presencia de xenocristales y núcleos de circones heredados del Paleozoico al Mesoproterozoico, en rocas monzograníticas y sienograníticas del Monzogranito de La Corcova, indica la fusión de rocas de la corteza continental en la que se emplazó, corteza que aportó material a los pulsos magmáticos que formaron el plutón. Las edades U/Pb ordovícicas obtenidas a partir de xenocristales y núcleos heredados en circones de rocas clasificadas como monzogranitos son comparables con edades U/Pb obtenidas en el Neis de Bucaramanga y en xenolitos del neis cuarzo-feldespático que se encuentran incluidos en el Monzogranito de La Corcova, con relaciones Th/U similares. Esto sugiere que el Neis de Bucaramanga fue una fuente importante en la formación del magma de los pulsos graníticos triásico-jurásicos, como se desprende de las edades heredadas en circones (figura 36).

Se puede interpretar que el magma parental se generó en una zona de subducción y que habría tenido dos fuentes: por un lado, la placa oceánica más los sedimentos oceánicos subducidos, y, por otra parte, la fusión de la corteza continental, que en algunos diagramas hace que las rocas se desplacen hacia el campo de los granitos tipo S, aunque el ambiente de formación es típico de granitos de arco de margen continental tipo I.

El Monzogranito de La Corcova presenta relaciones $(La/Yb)_N > 2$, valores que se asocian con rocas formadas en la corteza continental. Se presentan notables diferencias en la relación $(La/Yb)_N$ entre los cuatro patrones de REE, que a su vez presentan mayor o menor pendiente, lo que permite sugerir diferentes pulsos que representan variaciones composicionales en los magmas, diferencias que podrían explicarse con cambios en la fuente de los magmas de cada patrón, con mayor o menor aporte del manto y de corteza en cada uno de ellos. Así, los valores altos de $(La/Yb)_N$ representarían mayores aportes de corteza al magma, periodos de mayor flujo magmático y corteza más gruesa, y estarían caracterizados por patrones con pronunciada pendiente entre los LREE y los HREE, mientras los menores valores de $(La/Yb)_N$ indicarían mayores aportes al magma de material del manto, periodos de más bajo flujo magmático, origen del magma en profundidades menores, y presentarían menores

pendientes en los patrones de REE, de acuerdo con el modelo propuesto por Girardi (2008).

9. Recursos minerales

Existen pequeñas explotaciones de arena a partir de sapolito del Monzogranito de La Corcova, sobre la vía Bucaramanga-Berlín.

Conclusiones

Este catálogo presenta nueva información acerca de las rocas del Monzogranito de La Corcova, mejora el conocimiento petrográfico, química mineral, litogeoquímico y geocronológico del cuerpo plutónico y define el cuerpo como un granito formado por varios pulsos magmáticos que incluye diques y cuerpos intrusivos menores de similar composición.

Composicionalmente, las rocas del Monzogranito de La Corcova varían entre monzogranitos y subordinadas granodioritas, sienogranitos y tonalitas. Se encuentra intruido por diques de riolitas y sienogranitos, con xenolitos de rocas metamórficas del Neis de Bucaramanga y de la Formación Silgará.

Se trata de rocas ácidas con contenidos de SiO_2 entre 69,56 y 75,45%, el K_2O varía entre 4,6 y 5,3%, el CaO varía entre 0,7 y 2,5%, $MgO < 1\%$, y $TiO_2 < 0,6\%$; la relación $K_2O/Na_2O > 1$.

El Monzogranito de La Corcova es un plutón subalcalino de la serie calcoalcalina alta en K, peraluminoso, con valores de $A/NK > 1$ y valores de $A/CNK > 1$, con valores de $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$.

En los diagramas multielementales se reconocen al menos cuatro patrones con edades de cristalización, U/Pb en circón entre $192,5 \pm 2,6$ y $204,8 \pm 6,1$ Ma, que representan rocas de la facies principal, rocas de dique y cuerpos menores intrusivos, y sugieren que se trata de un cuerpo formado por varios pulsos magmáticos formados en un ambiente de arco continental.

Con base en la composición química de rocas y la química de circones, estas se clasifican como granitos tipo I.

En las rocas monzograníticas y sienograníticas, la presencia de xenocristales y núcleos de circones heredados del Paleozoico al Mesoproterozoico revela la contaminación con rocas de la corteza continental que aportaron material a los pulsos magmáticos que formaron este cuerpo intrusivo, y probablemente incidieron en el carácter peraluminoso de las rocas. Las edades U/Pb ordo-

víticas obtenidas a partir de circones heredados en rocas clasificadas como monzogranitos son comparables con las edades U/Pb obtenidas en rocas del Neis de Bucaramanga y en xenolitos de neis cuarzo-feldespático que se encuentran incluidos en el Monzogranito de La Corcova, con relaciones Th/U similares. Esto sugiere que el Neis de Bucaramanga fue una fuente importante en la formación del magma de los pulsos graníticos triásico-jurásicos, como se desprende de las edades heredadas en circones.

Referencias

- Abdel Rahman, A. M. (1994). Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35 (2), 525-541. <https://doi.org/10.1093/petrology/35.2.525>.
- Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Correa M., A. M. (2016). Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Monzogranito de Rionegro, Cordillera Oriental, Departamento Santander. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Chappell, B. W. y White, A. J. R. (2001). Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48 (4), 489-499. <https://doi.org/10.1046/j.1440-0952.2001.00882.x>.
- Clavijo, J. (1994). *Mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander. Memoria explicativa. Escala 1:250.000*. Informe. Ingeominas.
- Clavijo, J., Mantilla, F. L. C., Pinto, J., Bernal, L. y Pérez, A. (2008). Evolución geológica de la serranía de San Lucas, norte del valle medio del Magdalena y noroeste de la cordillera Oriental. *Boletín de Geología*, 30 (1), 45-62.
- Cordani, U. G., Cardona, A., Jiménez, D. M., Liu, D. y Nutran, A. P. (2005). *Geochronology of Proterozoic basement inliers from the Colombian Andes: Tectonic history of remnants from a fragmented Grenville belt*. Special Publication 246. Londres: Geological Society.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez J. G. (2016). *Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Batolito de Mogotes*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2018). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Riolitas del Alto Los Cacaos*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- 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>.
- Droop, G. (1987). A general equation for estimating Fe³⁺ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. *Mineralogical Magazine*, 51 (361), 431-435. <https://doi.org/10.1180/minmag.1987.051.361.10>.
- Etayo, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A. Ballesteros, I., Forero, H., Ramírez, C., Zambrano, F., Duque-Caro, H., Vargas, R., Núñez, A., Álvarez, J., Ropaín, C., Cardozo, E., Galvis, N. y Sarmiento, L. (1983). *Mapa de terrenos geológicos de Colombia*. Publicaciones Geológicas Especiales 14. Bogotá: Ingeominas.
- Frost, B. R. y Frost, C. D. (2008). A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. *Journal of Petrology*, 49 (11), 1955-1969. <https://doi.org/10.1093/petrology/egn054>.
- Frost, R. B., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. y Frost, C. D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42 (11), 2033-2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>.
- García, C. y Ríos, C. (1999). *Metamorfismo y metalogénia asociada del Macizo de Santander, cordillera Oriental, Colombia*. Informe final Proyecto de Investigación 1102-05-083-95. Bucaramanga: Colciencias y Universidad Industrial de Santander.
- Girardi, D. J. (2008). Evolution of magmas and magma sources to the Coast Mountains batholith, British Columbia, Canada, reflected by elemental and isotopic geochemistry (tesis). University of Arizona.
- Goldsmith, R., Marvin, R. F. y Mehnert, H. H. (1971). *Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes*. U. S. Geological Survey Professional Paper (750): D44-D49.
- Harris, N. W., Pearce, J. A. y Tindle, A. (1986). Geochemical characteristics of collision zone magmatism. En M. P. Coward y A. C. Ries (eds.), *Collision tectonics*. Special Publication, London: Geology Society.
- Hastie, A. R., Kerr, A. C., Pearce, J. A. y Mitchell, S. F. (2007). Classification of altered volcanic island arc rocks using immobile trace elements: Development of the Th-Co discrimination diagram. *Journal of Petrology*, 48 (12), 2341-2357. <https://doi.org/10.1093/petrology/egm062>.

- International Subcommission on Stratigraphic Classification (1987). Stratigraphic classification and nomenclature of igneous and metamorphic rock bodies. *GSA Bulletin*, 99 (3), 440-442. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1987\)99<440:SCANOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1987)99<440:SCANOI>2.0.CO;2).
- International Subcommission on Stratigraphic Classification (1994). *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure*, 2^a ed., Amos Salvador (ed.). Boulder: International Union of Geological Sciences, International Subcommission on Stratigraphic Classification y Geological Society of America.
- Irvine, T. N. y Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rock. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8 (5), 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>.
- Janoušek, V., Farrow, C. M. y Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: Introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47 (6), 1255-1259. <https://doi.org/10.1093/petrology/egl013>.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. N., Streckeisen, A. y Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rock based on total silica diagram. *Journal of Petrology*, 27 (3), 745-750. <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>.
- Leal Mejía, H. (2011). Phanerozoic gold metallogeny in the Colombian Andes: A tectono-magmatic approach (tesis Ph. D.). Universitat de Barcelona.
- Ludwig, K. R. (2012). *User's manual for Isoplot 3.75-4.15. A Geochronological Toolkit Microsoft Excel*. Special Publication n.º 5. Berkeley: Berkeley Geochronology Center.
- Mantilla, L. C., Bissig, T., Valencia, V. y Hart, C. (2013). The magmatic history of the Vetas-California mining district, Santander Massif Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.03.006>.
- Martin, H. (1994). Archean grey gneisses and the genesis of the continental crust. En K. Codie (ed.), *Archean crustal evolution* (pp. 205-260). Netherland: Elsevier Scientific Publishers.
- McDonough, W. F. y Sun, S. 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. A. K. (1985). *Magma and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology*. London/New York: Longman.
- Middlemost, E. A. K. (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).
- 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).
- Ordóñez Cardona, O., Restrepo Álvarez, J. J. y Pimentel, M. M. (2006). Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21 (4), 372-382. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2006.07.005>.
- Paton, C., Woodhead, J. D., Hellstrom, J. C., Hergt, J. M., Greig, A. y Maas R. (2010). Improved laser ablation U-Pb zircon geochronology through robust down-hole fractionation correction. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11 (3). <https://doi.org/10.1029/2009GC002618>.
- Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100 (1-4), 14-48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>.
- Peccerillo, A. y Taylor, T. S. (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. A. y Kamber, B. S. (2012). Visual age: 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>.
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'yakonov, Y. U. S., Frank Kamenetskii, V. A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P. V., Muller, G., Neiva, A. M. R. y Radoslovich, E. W. (1998). Nomenclature of the micas. *Clays and Clay Minerals*, 46 (5), 586-595. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1998.0460513>.
- Restrepo, J. J., Ordóñez Carmona, O., Armstrong, R. y Pimentel, M. M. (2011). Triassic metamorphism in the

- northern part of the Tahamí Terrane of the Central Cordillera of Colombia. *Journal of South American Earth Sciences* (32), 497-507.
- Restrepo, J. J. y Toussaint, J. F. (1988). Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, 11 (3), 189-193.
- Restrepo-Pace, P. A., 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).
- Ríos, C., García, C. y Takusa, A. (2003). Tectono-metamorphic evolution of the Silgara Formation metamorphic rocks in the Southwestern Santander Massif, Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 16 (2), 133-154. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(03\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(03)00025-7).
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Correa, M., A. M. y Zapata, G. (2018). Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Riolita de San Joaquín. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Rubatto, D. (2002). Zircon trace element geochemistry: Partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology*, 184 (1-2), 123-138. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(01\)00355-2](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(01)00355-2).
- Shand, S. J. (1943). *Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. New York: John Wiley & Sons.
- Smith, J. V. y Brown, W. L. (1988). *Feldspar minerals*. Vol. I: Crystal structures, physical, chemical and microtextural properties. Berlin: Springer-Verlag.
- 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. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 34 (1), 5-18. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2009.00027.x>.
- Stacey, J. S. y Kramers, J. D. (1975). Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a 2-Stage Model. *Earth and Planetary Science Letters*, 26 (2), 207-221. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(75\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(75)90088-6).
- Streckeisen, A. (1976). 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. L. (1978). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitite rocks. Recommendations and suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 141, 1-14.
- Sun, S. y McDonough, W. (1989). *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes*. Special Publication 42, 313-345. London: Geological Society. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>.
- Van der Lelij, R. (2013). Reconstructing North-Western Gondwana with implications for the evolution of the lapetus and Rheic Oceans: A geochronological, thermochronological and geochemical study (tesis de doctorado), Université de Genève.
- Van der Lelij, R., Spikings, R. y Mora, A. (2016). Thermochronology and tectonics of the Mérida Andes and the Santander Massif, NW South America. *Lithos*, 248, 220-239. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.01.006>.
- 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. C., Zhao, Z. D., Guan, Q., Zhang, X. Q., Sui, Q. L., Chu Hu, Z. y Mo, X. 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>.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Cruz, B. J., Jaramillo, C. L. y Vargas, L. R. (1970). *Mapa geológico del cuadrángulo H-13, Pamplona, Colombia*. Bogotá: Ingeominas.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J. y Restrepo, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. *Boletín Geológico*, 21 (1-3), 132.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E. (1977a). *Geología de la Plancha 109 Rionegro. Escala 1:100.000. Parte del cuadrángulo H-12*. Versión digital 2010. Bogotá: Ingeominas.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E. (1977b). *Geología de la Plancha 120*

- Bucaramanga. Escala 1:100.000. Parte del cuadrángulo H-12.* Versión digital 2010. Bogotá: Ingeominas.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Cruz, J., Jaramillo, L. y Vargas, R. (1977c). *Geología de la Plancha 121 Cerrito. Escala 1:100.000.* Versión digital 2010. Bogotá: Ingeominas.
- Whalen, J. B., Currie, K. L. y Chappell, B. W. (1987). A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95 (4), 407-419. <https://doi.org/10.1007/BF00402202>.
- Whalen, J. B. y Chappell B. W. (1988). Opaque mineralogy and mafic mineral chemistry of I- and S-type granites of the Lachlan Fold Belt, Southeast Australia. *American Mineralogist*, 73 (3-4), 281-296.
- Wilson, M. (1991). *Igneous petrogenesis: A global tectonic approach.* New York: Harper Collins Academic. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6788-4>.
- Winter, J. (2001). *An introduction to igneous and metamorphic petrology.* New Jersey: Prentice Hall.
- Zapata, G., Correa M., A. M., Rodríguez, G. y Arango, M. I. (2016). *Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Granito de Pescadero.* Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Zapata, G., Arango, M. I., Rodríguez, G., y Correa M, A. M. (2018). *Catálogo de Unidades Litoestratigráficas de Colombia. Riolitas El Uvo.* Medellín: Servicio Geológico Colombiano.

ANEXOS

Anexo A. Edades U-Pb del Monzogranito de La Corcova

Muestra LMC-077, Laboratorio del Servicio Geológico Colombiano

Identificación Muestra	Relación Final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Error Interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D.E.	Relación Final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	Error Interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D.E.	Ajuste error de correlación (Datos negativos)	Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (M.A.)	Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (M.A.)	% Discordia	Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (M.A.)	$\pm 2\sigma$	Relación Final $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$
LMC_077_24	1,01	0,051	0,076	0,001	0,253	0,253	452,127	711	57,257	452,127	13,28	2,695
LMC_077_55	0,235	0,013	0,026	0,001	0,35	0,35	167,332	213	27,292	167,332	31,91	2,121
LMC_077_53	0,233	0,017	0,026	0,001	0,31	0,31	166,866	212	27,048	166,866	31,93	26,65
LMC_077_56	0,202	0,008	0,024	0,001	0,597	0,597	151,304	186,3	23,129	151,304	29,44	5,468
LMC_077_54	0,555	0,019	0,058	0,002	0,682	0,682	363,592	447	22,94	363,592	68,66	1,482
LMC_077_57	0,45	0,021	0,049	0,002	0,799	0,799	308,933	376	21,709	308,933	60,24	1,601
LMC__077_3	0,338	0,03	0,038	0,001	0,401	0,401	238,219	283	18,798	238,219	8,20	1,495
LMC_077_52	0,428	0,028	0,049	0,001	0,288	0,288	307,356	361	17,453	307,356	57,90	0,487
LMC_077_45	0,233	0,023	0,032	0,002	0,779	0,779	201,891	206	2,035	201,891	39,42	1,55
LMC_077_48	0,221	0,008	0,032	0,001	0,805	0,805	202,306	202,7	0,195	202,306	38,22	8,091
LMC_077_58	0,233	0,009	0,032	0,001	0,659	0,659	202,316	211,4	4,49	202,316	39,46	1,484
LMC_077_51	0,369	0,022	0,045	0,002	0,761	0,761	286,375	314	9,646	286,375	55,49	1,443
LMC_077_43	0,597	0,02	0,079	0,003	0,855	0,855	488,387	474	-2,946	488,387	92,38	1,491
LMC_077_47	0,348	0,02	0,052	0,003	0,826	0,826	329,211	301	-8,569	329,211	62,81	3,342
LMC_077_59	0,565	0,023	0,072	0,003	0,829	0,829	450,048	452	0,434	450,048	86,72	19,084
LMC_077_50	0,205	0,007	0,027	0,001	0,719	0,719	172,317	189,1	9,74	172,317	32,57	0,64
LMC_077_49	0,201	0,008	0,027	0,001	0,778	0,778	173,454	185,1	6,714	173,454	33,20	1,043
LMC_077_46	2,139	0,079	0,204	0,006	0,507	0,507	1196,406	1151	-3,795	1196,406	226,40	2,1
LMC_077_44	0,47	0,021	0,069	0,002	0,531	0,531	434,479	388	-10,698	434,479	80,80	2,036
LMC__077_31	0,21	0,006	0,031	0,001	0,613	0,613	196,002	193	-1,532	196,002	6,20	1,524
LMC__077_8	0,229	0,013	0,031	0,001	0,282	0,282	198,063	208	5,017	198,063	5,84	1,235
LMC__077_5	0,228	0,008	0,032	0,001	0,385	0,385	199,498	209,4	4,963	199,498	6,31	2,151
LMC__077_38	0,219	0,007	0,032	0	0,262	0,262	204,326	201,7	-1,285	204,326	5,51	1,561
LMC__077_10	0,21	0,022	0,032	0,001	0,093	0,093	205,668	192	-6,646	205,668	7,07	1,045
LMC__077_19	0,234	0,012	0,033	0,001	0,263	0,263	211,522	213	0,699	211,522	6,96	4,463
LMC__077_17	0,226	0,021	0,033	0,001	0,1	-0,038	211,536	208	-1,672	211,536	7,68	4,605
LMC__077_25	0,244	0,009	0,034	0	0,171	0,171	216,175	220,7	2,093	216,175	6,07	2,34
LMC__077_36	0,249	0,02	0,035	0,001	0,226	0,226	220,317	222	0,764	220,317	7,00	0,716
LMC__077_26	0,247	0,005	0,035	0	0,28	0,28	222,645	223,6	0,429	222,645	5,87	3,161
LMC__077_6	0,245	0,007	0,035	0	0,334	0,334	224,816	222,2	-1,164	224,816	6,00	1,346
LMC_077_23	0,255	0,008	0,036	0,001	0,503	0,503	228,112	229,7	0,696	228,112	6,93	6,355
LMC__077_18	0,252	0,009	0,036	0,001	0,398	0,398	229,994	227,1	-1,258	229,994	6,32	64,222
LMC__077_37	0,256	0,008	0,036	0	0,21	0,21	230,13	230,1	-0,013	230,13	6,00	1,45
LMC__077_33	0,262	0,006	0,036	0	0,204	0,204	230,226	235,4	2,247	230,226	5,93	4,195
LMC__077_20	0,274	0,007	0,037	0	0,203	0,203	231,781	246,3	6,264	231,781	6,10	1,192
LMC__077_22	0,28	0,009	0,037	0	0,328	0,328	232,015	249,7	7,622	232,015	6,28	4,138
LMC__077_32	0,261	0,008	0,037	0	0,165	0,165	232,524	236,5	1,71	232,524	6,12	3,882
LMC__077_29	0,287	0,009	0,038	0	0,108	0,108	239,673	257,4	7,397	239,673	6,29	3,768
LMC__077_11	0,287	0,01	0,039	0,001	0,241	0,241	243,452	255,9	5,113	243,452	6,91	12,007
LMC__077_35	0,271	0,013	0,039	0,001	0,166	0,166	247,047	241	-2,448	247,047	6,95	4,356
LMC_077_21	0,292	0,023	0,041	0,001	0,117	0,117	259,302	254	-2,045	259,302	9,46	14,943
LMC__077_27	0,292	0,013	0,042	0,001	0,663	0,663	264,837	259,1	-2,166	264,837	9,40	28,977
LMC__077_1	0,34	0,016	0,046	0,001	0,18	0,18	289,012	295	2,072	289,012	8,16	15,643
LMC__077_4	0,413	0,016	0,057	0,001	0,339	0,339	359,824	351	-2,452	359,824	10,57	4,319
LMC__077_42	0,482	0,034	0,059	0,001	0,134	0,134	365,763	402	9,907	365,763	11,83	4,617
LMC__077_28	0,483	0,016	0,063	0,001	0,744	0,744	390,04	399	2,297	390,04	12,94	4,526
LMC__077_41	0,483	0,021	0,067	0,001	0,187	0,187	415,623	399	-4	415,623	11,78	1,867
LMC__077_34	0,551	0,02	0,07	0,001	0,191	0,191	435,62	445	2,153	435,62	12,31	4,583
LMC__077_39	0,534	0,02	0,071	0,001	0,385	0,385	443,099	435	-1,828	443,099	13,53	8,978
LMC__077_15	0,616	0,018	0,074	0,001	0,238	0,238	457,051	485	6,115	457,051	12,87	5,138

Identificación Muestra	Relación Final $^{207}\text{Pb}_{238}\text{U}$	Error Interno relación final $^{207}\text{Pb}_{238}\text{U}$ a 2 D.E.	Relación Final $^{206}\text{Pb}_{238}\text{U}$	Error Interno relación final $^{206}\text{Pb}_{238}\text{U}$ a 2 D.E.	Ajuste error de correlación (Datos negativos)	Error de correlación $^{206}\text{Pb}_{238}\text{U}$ vs, $^{207}\text{Pb}_{238}\text{U}$	Edad corregida $^{206}\text{Pb}_{238}\text{U}$ (M.A.)	Edad $^{207}\text{Pb}_{238}\text{U}$ (M.A.)	% Discordia	Edad corregida $^{206}\text{Pb}_{238}\text{U}$ (M.A.)	$\pm 2\sigma$	Relación Final $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$
LMC___077_2	0,584	0,015	0,075	0,001	0,352	0,352	464,74	466,8	0,443	464,74	12,89	1,127
LMC___077_9	0,588	0,017	0,076	0,001	0,402	0,402	469,66	471	0,285	469,66	12,88	1,377
LMC___077_13	0,6	0,023	0,078	0,001	0,242	0,242	481,984	474	-1,656	481,984	13,51	1,869
LMC___077_7	0,637	0,022	0,079	0,001	0,327	0,327	489,776	497	1,475	489,776	13,48	4,17
LMC___077_14	0,613	0,021	0,08	0,001	0,146	0,146	498,184	487	-2,245	498,184	13,50	1,979
LMC___077_12	0,868	0,065	0,101	0,005	0,777	0,777	618,317	633	2,375	618,317	30,57	7,312
LMC___077_40	1,519	0,081	0,153	0,006	0,848	0,848	911,641	943	3,44	911,641	40,00	5,459
LMC___077_30	2,26	0,15	0,188	0,005	0,433	0,433	1091,301	1190	9,044	1091,301	39,07	4,371
LMC___077_16	3,215	0,053	0,249	0,003	0,583	0,583	1426,432	1460	2,353	1426,432	38,40	6,725

MIA-630B, Laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de México

	U (ppm) ¹	Th (ppm) ¹	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2s abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	± 2s abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2s abs	Correlación de errores	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2s	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± 2s	Mejor edad (Ma)	± 2s	Disc%	Error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2s
Circón-162	3.030	10.330	3,41	0,0504	0,0019	0,2261	0,009	0,0326	0,0003	0,189	206,9	7,4	213	86	206,7	1,9	0,1	0,92%	206,7	1,9
Circón-164	477	684	1,43	0,0503	0,0028	0,222	0,013	0,0326	0,0005	0,054	203	10	190	120	206,7	3	-1,82	1,45%	206,7	3
Circón-152	2.030	4.290	2,11	0,0498	0,002	0,2241	0,0095	0,0326	0,0004	0,102	205,3	7,9	180	90	206,8	2,5	-0,73	1,21%	206,8	2,5
Circón-166	2.580	7.610	2,95	0,0508	0,0018	0,2277	0,0092	0,0327	0,0004	0,387	208,2	7,6	224	84	207,2	2,6	0,48	1,25%	207,2	2,6
Circón-163	1.000	1.890	1,89	0,0536	0,003	0,239	0,015	0,033	0,0004	0,052	217	12	340	120	209,3	2,4	3,55	1,15%	209,3	2,4
Circón-141	404	530	1,31	0,0487	0,0029	0,227	0,015	0,033	0,0005	0,263	209	12	130	130	209,3	2,9	-0,14	1,39%	209,3	2,9
Circón-156	2.560	8.430	3,29	0,0513	0,002	0,2326	0,0093	0,0331	0,0004	0,257	212,3	7,9	244	87	209,6	2,6	1,27	1,24%	209,6	2,6
Circón-172- MIA-630B	2.050	2.790	1,36	0,0515	0,0037	0,234	0,019	0,0332	0,0003	0,344	214	15	250	130	210,6	2,1	1,59	1,00%	210,6	2,1
Circón-171	2.510	7.860	3,13	0,0509	0,002	0,2305	0,0097	0,0333	0,0003	0,429	211,2	7,7	226	90	210,9	2,1	0,14	1,00%	210,9	2,1
Circón-165	2.050	2.630	1,28	0,0523	0,0057	0,24	0,026	0,0333	0,0005	0,117	218	19	280	160	211,3	2,9	3,07	1,37%	211,3	2,9
Circón-146	661	829	1,25	0,0511	0,0023	0,239	0,011	0,0335	0,0005	0,053	1053	20	230	100	212,6	2,9	2,07	2,07	217,1	8,7

MIA-627A, Laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de México

	U (ppm) ¹	Th (ppm) ¹	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ± 2s abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ± 2s abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ± 2s abs	Correlación de errores	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ± 2s	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ± 2s	Mejor edad (Ma)	± 2s	Disc%	Error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ± 2s						
Circón-132	1.590	69	0,043	0,075	0,007	0,404	0,090	0,039	0,003	0,880	344,000	52	1,050	130	246	20	28,4884	0,0813	246,0	20
Circón-110	436	30,8	0,071	0,081	0,003	1,720	0,120	0,151	0,008	0,051	1.016,000	55	1.218	83	1218	83	10,6299	0,0681	908,0	46
Circón-137-MIA-627A	2.790	81	0,029	0,055	0,003	0,203	0,043	0,027	0,004	0,427	188,000	32	400	97	169	25	10,1064	0,1479	169,0	25
Circón-127	1.780	8	0,004	0,051	0,002	0,244	0,037	0,035	0,004	0,188	221,000	27	249	95	222	24	-0,4525	0,1081	222,0	24
Circón-113	5.870	93,8	0,016	0,050	0,002	0,192	0,008	0,028	0,000	0,427	178,400	6,6	210	87	175	2	1,9058	0,0114	175,0	2
Circón-119	591	182	0,308	0,056	0,003	0,234	0,011	0,030	0,000	0,025	213,400	9,4	430	110	192,9	2,2	9,6064	0,0114	192,9	2,2
Circón-136	2.570	2030	0,790	0,051	0,002	0,216	0,009	0,031	0,000	0,060	198,200	7,4	212	93	195,9	2	1,1604	0,0102	195,9	2
Circón-124	881	840	0,953	0,055	0,002	0,230	0,010	0,031	0,000	0,059	210,900	8,6	381	97	196,1	2,4	7,0175	0,0122	196,1	2,4
Circón-112	5.110	84	0,016	0,050	0,002	0,220	0,009	0,032	0,000	0,486	202,800	7	177	85	201,2	1,6	0,7890	0,0080	201,2	1,6
Circón-109	539	46,8	0,087	0,048	0,002	0,221	0,011	0,032	0,001	0,493	202,700	9,3	96	98	205,7	4,3	-1,4800	0,0209	205,7	4,3
Circón-111	3.530	109	0,031	0,054	0,002	0,241	0,018	0,033	0,001	0,527	219,000	14	366	85	206,9	8	5,5251	0,0387	206,9	8
Circón-115	5.010	692	0,138	0,050	0,002	0,227	0,010	0,033	0,000	0,451	207,400	8	192	84	207,7	2,8	-0,1446	0,0135	207,7	2,8
Circón-130	1.190	1440	1,210	0,052	0,002	0,233	0,010	0,033	0,001	0,040	212,800	8,3	255	93	209,6	3,9	1,5038	0,0186	209,6	3,9
Circón-104	254	247	0,972	0,057	0,004	0,355	0,027	0,045	0,001	0,088	307,000	20	430	150	281,2	5,6	8,4039	0,0199	281,2	5,6
Circón-107	1.810	82	0,045	0,056	0,002	0,472	0,020	0,061	0,001	0,523	394,000	13	455	81	382,4	3,6	2,9442	0,0094	382,4	3,6
Circón-118	650	245	0,377	0,055	0,002	0,511	0,024	0,067	0,001	0,012	419,000	16	406	97	419,4	7	-0,0955	0,0167	419,4	7
Circón-135	503	243	0,483	0,056	0,002	0,532	0,023	0,069	0,001	0,169	433,000	16	448	92	430,5	4,7	0,5774	0,0109	430,5	4,7
Circón-126	1.010	892	0,883	0,056	0,002	0,552	0,022	0,072	0,001	0,231	446,000	15	427	84	447,9	4,2	-0,4260	0,0094	447,9	4,2
Circón-105	744	830	1,116	0,056	0,002	0,568	0,024	0,073	0,001	0,172	456,000	15	435	90	451,5	4,4	0,9868	0,0097	451,5	4,4
Circón-134	2.400	666	0,278	0,058	0,003	0,586	0,066	0,073	0,005	0,779	468,000	39	532	90	452	31	3,4188	0,0686	452,0	31
Circón-129	890	223	0,251	0,055	0,003	0,554	0,034	0,073	0,002	0,630	446,000	23	410	100	452	14	-1,3453	0,0310	452,0	14
Circón-121	1.420	227	0,160	0,056	0,002	0,558	0,023	0,073	0,001	0,289	450,000	15	426	84	452,9	4,3	-0,6444	0,0095	452,9	4,3
Circón-128	318	200	0,629	0,055	0,003	0,555	0,027	0,074	0,001	0,002	447,000	18	380	110	459,1	5,2	-2,7069	0,0113	459,1	5,2
Circón-106	808	348	0,431	0,055	0,002	0,572	0,024	0,074	0,001	0,425	459,000	15	419	85	459,3	6	-0,0654	0,0131	459,3	6
Circón-120	268	133	0,496	0,057	0,003	0,581	0,028	0,074	0,001	0,208	464,000	17	480	110	462,5	7,6	0,3233	0,0164	462,5	7,6
Circón-116	906	564	0,623	0,057	0,002	0,576	0,026	0,075	0,002	0,401	463,000	16	471	88	463,5	9,4	-0,1080	0,0203	463,5	9,4
Circón-131	624	298	0,478	0,055	0,002	0,574	0,025	0,075	0,001	0,279	460,000	16	430	92	466,2	4,4	-1,3478	0,0094	466,2	4,4
Circón-114	5.130	543	0,106	0,056	0,002	0,590	0,022	0,076	0,001	0,881	471,000	14	461	76	470,4	6,7	0,1274	0,0142	470,4	6,7
Circón-108	616	373	0,606	0,056	0,002	0,606	0,025	0,078	0,001	0,242	482,000	16	457	84	481,4	3,9	0,1245	0,0081	481,4	3,9
Circón-103-MIA-627A	267	77,8	0,291	0,056	0,003	0,604	0,030	0,078	0,001	N30, 19438	478,000	20	430	110	482,2	6,1	-0,8787	0,0127	482,2	6,1
Circón-125	364	233	0,640	0,059	0,003	0,612	0,036	0,078	0,002	0,402	484,000	21	562	96	484	12	0,0000	0,0248	484,0	12
Circón-117	182	95	0,522	0,057	0,003	0,621	0,042	0,080	0,003	0,106	489,000	28	460	110	495	20	-1,2270	0,0404	495,0	20
Circón-122	252	127	0,504	0,090	0,003	2,334	0,099	0,189	0,004	0,704	1.221,000	32	1418	69	1418	69	8,5995	0,0487	1116,0	22
Circón-123	264	145	0,549	0,092	0,004	3,290	0,130	0,260	0,003	0,377	1.483,000	34	1470	73	1470	73	-0,4046	0,0497	1489,0	15
Circón-133	174	78,2	0,449	0,094	0,004	3,380	0,140	0,264	0,003	0,235	1.499,000	32	1498	74	1498	74	-0,6004	0,0494	1508,0	14

AMC-128, Laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de México

	U (ppm) ¹	Th (ppm) ¹	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± 2s abs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	± 2s abs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2s abs	correlación de errores	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	± 2s	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	± 2s	Mejor edad (Ma)	± 2s	Disc%	Error	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	± 2s
Circón-044	410	150,1	0,37	0,0598	0,0029	0,5220	0,0210	0,0628	0,0012	0,3556	426,0	14,0	600,0	100,0	0,0	0,4	7,82	1,81%	392,7	7,1
Circón-067	1.098	1120	1,02	0,06	0,00	0,59	0,02	0,07	0,00	0,72	470,00	15,0	624,0	89,0	0,0	0,7	6,00	2,11%	441,8	9,3
Circón-045	346,8	122,7	0,35	0,05	0,00	0,46	0,02	0,06	0,00	0,22	384,00	14,0	380,0	100,0	0,0	0,2	0,44	1,36%	382,3	5,2
Circón-065	566	191	0,34	0,06	0,00	0,56	0,02	0,07	0,00	0,12	454,00	15,0	512,0	91,0	0,0	0,1	2,25	2,12%	443,8	9,4
Circón-052	1.440	751	0,52	0,06	0,00	0,57	0,02	0,07	0,00	0,18	458,00	13,0	467,0	89,0	0,0	0,2	0,48	1,14%	455,8	5,2
Circón-062	383,9	212,9	0,55	0,06	0,00	0,58	0,02	0,07	0,00	0,19	464,00	15,0	500,0	100,0	0,0	0,2	0,80	1,35%	460,3	6,2
Circón-037	613	431	0,70	0,06	0,00	0,58	0,02	0,07	0,00	0,23	465,00	13,0	502,0	92,0	0,0	0,2	0,99	1,19%	460,4	5,5
Circón-046	288,8	265	0,92	0,06	0,00	0,58	0,03	0,07	0,00	0,13	465,00	17,0	520,0	110,0	0,0	0,1	0,54	1,60%	462,5	7,4
Circón-054	636	1160	1,82	0,06	0,00	0,57	0,03	0,07	0,00	0,40	459,00	18,0	410,0	110,0	0,0	0,4	-1,00	2,05%	463,6	9,5
Circón-053	458,3	243	0,53	0,06	0,01	0,59	0,06	0,07	0,00	0,17	471,00	32,0	470,0	160,0	0,0	0,2	1,34	1,40%	464,7	6,5
Circón-069	561,2	267,3	0,48	0,06	0,00	0,59	0,02	0,07	0,00	0,09	469,00	15,0	490,0	95,0	0,0	0,1	0,81	1,14%	465,2	5,3
Circón-047	417,1	250	0,60	0,06	0,00	0,59	0,02	0,08	0,00	0,05	471,00	15,0	510,0	100,0	0,0	0,1	0,93	1,24%	466,6	5,8
Circón-051	407	459	1,13	0,06	0,00	0,58	0,02	0,08	0,00	0,12	464,00	15,0	461,0	93,0	0,0	0,1	-0,73	1,31%	467,4	6,1
Circón-060	747,7	542	0,72	0,06	0,00	0,59	0,02	0,08	0,00	0,17	473,00	13,0	483,0	84,0	0,0	0,2	0,13	1,02%	472,4	4,8
Circón-070-AMC-0128	193	185	0,96	0,06	0,00	0,59	0,03	0,08	0,00	0,14	470,00	18,0	470,0	120,0	0,0	0,1	-0,96	1,83%	474,5	8,7
Circón-038	902,9	432,7	0,48	0,06	0,00	0,60	0,02	0,08	0,00	0,11	477,00	13,0	491,0	88,0	0,0	0,1	0,42	1,05%	475,0	5,0
Circón-061	484,5	302,4	0,62	0,06	0,00	0,61	0,02	0,08	0,00	0,28	483,00	12,0	495,0	87,0	0,0	0,3	1,28	1,32%	476,8	6,3
Circón-041	386,8	389,9	1,01	0,06	0,00	0,59	0,03	0,08	0,00	0,02	471,00	15,0	470,0	110,0	0,0	0,0	-1,42	1,30%	477,7	6,2
Circón-039	398,5	217,4	0,55	0,06	0,00	0,62	0,03	0,08	0,00	0,15	487,00	17,0	537,0	96,0	0,0	0,1	1,83	1,51%	478,1	7,2
Circón-059	539,8	473,9	0,88	0,06	0,00	0,60	0,02	0,08	0,00	0,25	478,00	15,0	484,0	93,0	0,0	0,2	-0,10	1,44%	478,5	6,9
Circón-050	1.181	489,6	0,41	0,06	0,00	0,60	0,02	0,08	0,00	0,26	474,00	14,0	445,0	85,0	0,0	0,3	-1,29	1,85%	480,1	8,9
Circón-049	509,3	378	0,74	0,06	0,00	0,60	0,02	0,08	0,00	0,12	476,00	16,0	470,0	110,0	0,0	0,1	-1,07	1,16%	481,1	5,6
Circón-063	553	246,7	0,45	0,06	0,00	0,63	0,02	0,08	0,00	0,07	493,00	14,0	548,0	91,0	0,0	0,1	1,70	1,16%	484,6	5,6
Circón-064	411,7	188,7	0,46	0,06	0,00	0,65	0,02	0,08	0,00	0,05	505,00	15,0	593,0	88,0	0,0	0,0	4,02	1,22%	484,7	5,9
Circón-043	2.940	2033	0,69	0,06	0,00	0,61	0,02	0,08	0,00	0,64	481,00	13,0	493,0	80,0	0,0	0,6	-0,77	1,88%	484,7	9,1
Circón-066	321,1	227,9	0,71	0,06	0,00	0,60	0,03	0,08	0,00	0,33	479,00	16,0	446,0	99,0	0,0	0,3	-1,21	1,30%	484,8	6,3
Circón-068	465	200	0,43	0,06	0,00	0,62	0,03	0,08	0,00	0,36	489,00	15,0	514,0	90,0	0,0	0,4	0,65	1,44%	485,8	7,0
Circón-058	1.117	924	0,83	0,06	0,00	0,62	0,02	0,08	0,00	0,19	488,00	13,0	499,0	87,0	0,0	0,2	0,43	1,34%	485,9	6,5
Circón-040	241,1	238,2	0,99	0,06	0,00	0,61	0,03	0,08	0,00	0,14	481,00	19,0	440,0	120,0	0,0	0,1	-2,02	1,61%	490,7	7,9
Circón-048	573,6	305,9	0,53	0,06	0,00	0,62	0,02	0,08	0,00	0,16	490,00	14,0	478,0	90,0	0,0	0,2	-0,22	1,30%	491,1	6,4
Circón-057	661	636	0,96	0,06	0,00	0,63	0,02	0,08	0,00	0,05	493,00	15,0	512,0	86,0	0,0	0,0	-0,22	1,76%	494,1	8,7
Circón-055	662	438	0,66	0,06	0,00	0,63	0,02	0,08	0,00	0,23	493,00	13,0	501,0	83,0	0,0	0,2	-0,24	1,01%	494,2	5,0
Circón-042	534	572	1,07	0,06	0,00	0,67	0,03	0,08	0,00	0,17	522,00	17,0	521,0	97,0	0,0	0,2	-0,59	1,49%	525,1	7,8
Circón-056	293	174	0,59	0,06	0,00	0,68	0,03	0,09	0,00	0,09	524,00	18,0	480,0	100,0	0,0	0,1	-1,87	1,29%	533,8	6,9
Circón-036-AMC-0128	652	39	0,06	0,08	0,00	1,81	0,06	0,17	0,00	0,39	1.053,00	20,0	1.099,0	74,0	0,0	0,4	2,65	6,73%	1.025,1	9,2

Anexo B. Química de elementos traza en circones

(ppm)	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
MIA-627A																					
Circón-103-MIA-627A	580	5,92	924	2,45	0	5,69	0,02	0,41	1,43	0,18	11,1	4,86	67,5	30,8	164	368	81,4	11700	22,1	77,8	267
Circón-104	420	11,2	1.590	1,08	0,06	16,6	0,19	2,47	5,6	1,1	31,5	12,8	141	57,9	250	428	81	11.800	11,8	247	254
Circón-105	1.200	13,4	5.480	4,34	0,63	25,2	1,13	13,9	24,1	2,01	138	46,9	537	196	820	1.280	240	9.800	57	830	744
Circón-106	1.400	9,4	3.470	2,36	0,4	14,2	0,26	3,44	7,04	0,41	50,8	21,5	289	120	562	1.070	209	13.400	63,3	348	808
Circón-107	760	9,2	1.040	30	0,17	3,19	0,32	3,3	5,3	0,11	17,6	5,7	71	29,8	185	860	244	20.200	112	82	1.810
Circón-108	980	7,9	2.690	2,33	0	14,9	0,09	2,13	5,62	0,22	39,2	17,1	229	92,5	431	810	156	12.000	50	373	616
Circón-109	450	5,8	970	5,12	0	5,8	0,01	0,08	0,71	0,15	10,2	4,69	75	32,5	166	417	89	10.200	18,5	46,8	539
Circón-110	130	10,6	401	4,49	0,09	5,11	0,08	0,78	0,85	0,16	5,22	2,17	28,9	13	70,5	171	40,6	12.500	60,3	30,8	436
Circón-111	1.150	11,5	2.150	15,7	0,09	2,31	0,1	0,69	2,9	0,26	18,3	10,9	175	70	374	1.210	261	18.300	107	109	3.530
Circón-112	1.520	5,72	1.940	10,8	0,15	1,48	0,23	3,12	6,3	0,69	26,6	14,4	176	61	313	1.190	261	20.100	178	84	5110
Circón-113	1.370	5,86	2.410	18,3	0	1,52	0	0,04	2,42	0,18	21,8	16,1	222	72,6	376	1.750	379	25.400	172	93,8	5.870
Circón-114	460	34	1.990	34,8	0,35	18,6	0,23	1,84	2,88	0,06	15,3	7,25	110	54,2	328	1.170	265	23.100	425	543	5.130
Circón-115	2.060	7,2	5.190	37,7	0,02	16,7	0,05	0,82	4,93	0,63	50,2	27,2	391	177	890	1.920	391	15.000	165	692	5.010
Circón-116	605	7,43	2.710	5,28	0	25,2	0,13	3,13	7,49	0,28	46,1	19,3	240	95,8	429	765	150	11.300	71,3	564	906
Circón-117	910	12,9	2.060	0,9	0,1	5,86	0,12	3,08	6,6	0,65	39,9	14,8	181	71	317	580	114	10.100	15,6	95	182
Circón-118	340	6,7	1.550	9,2	0,13	22,2	0,09	1,23	2,73	0,33	21,2	8,9	124	52,6	258	619	137	12.300	47	245	650
Circón-119	710	6,7	1.400	4,28	0	9,17	0,02	0,52	2,17	0,31	17,3	7,1	106	46,7	235	549	119	11.440	18,8	182	591
Circón-120	490	7,15	1.143	2,22	0,01	10,6	0,06	0,95	3	0,3	19,9	7,17	95	39,2	181	368	75,9	9.270	20,4	133	268
Circón-121	380	6,65	1.350	13,2	0	9,42	0,02	0,29	1,29	0,22	14,4	7,02	103	46,8	239	591	129	13.800	107	227	1.420
Circón-122	180	8,7	822	3,62	0	23,3	0,04	0,65	1,87	0,3	11,3	4,71	62,5	27,4	137	327	70,9	11.500	49	127	252
Circón-123	222	10,5	795	5,78	0	44,6	0,14	1,95	2,98	0,56	16,4	5,67	70,6	27	130	299	65,2	12.500	65,5	145	264
Circón-124	730	10,2	3.510	14,4	0,09	80	0,44	7,7	15,2	2,44	79	27,8	327	124	543	1.010	196	9.600	28	840	881
Circón-125	490	8,5	1.310	5,6	0	24,4	0,02	0,89	3,06	0,43	16,8	8,1	108	45,2	217	447	94	13.500	27	233	364
Circón-126	1.880	11	4.070	10	1,21	56,7	1,03	9,9	14	2,68	75,9	27,5	352	140	659	1.350	276	11.200	71,5	892	1.010
Circón-127	290	4,66	480	11,3	0,01	0,39	0	0	0,08	0	1,28	1,09	19,8	13,4	99	453	133	13.400	57	8	1.780
Circón-128	1.010	14,6	2.510	1,23	0,01	6,77	0,16	2,59	6,3	0,43	44,3	16,8	212	83,2	370	700	138	9.400	23,4	200	318
Circón-129	1.590	8,7	3.400	2,63	0	6,6	0,05	0,92	4,51	0,11	40,2	18,6	284	124	610	1.240	246	14.800	67,5	223	890
Circón-130	630	7,5	2.560	16,7	0	89,2	0,22	4,54	9,9	1,14	63,7	20,7	245	85,4	384	668	128	10.480	41,3	1.440	1.190
Circón-131	1.550	13,1	1.570	4,65	23	75	7,8	41	12,3	0,54	35,2	11,1	138	54,5	247	473	94,5	11.600	47,5	298	624
Circón-132	500	9,4	1.080	8,7	0,3	8,66	0,22	3,07	2,57	0,88	16	6,72	87	34,7	181	515	112	14.300	58,8	69	1.590
Circón-133	70	11,8	1.270	1	0	6,26	0,07	2,1	4,02	0,44	28,5	9,25	111	42,7	192	368	73,7	10.600	48	78,2	174
Circón-134	960	10,5	3.960	32,8	0,44	31,4	0,32	3,1	6,7	0,66	46,3	22	307	133	680	1.600	344	15.600	170	666	2.400
Circón-135	470	9,8	1.670	4,4	0,09	23,6	0,14	1,52	4,8	1,03	30,2	11,1	143	58,7	267	526	106	14.100	35,3	243	503
Circón-136	2.080	7,8	6.510	21,2	0,14	79,9	0,31	5,16	15,7	1,58	121	46,1	583	224	1.007	1.800	350	12.200	79,3	2.030	2.570
Circón-137-MIA-627A	820	7,7	2.100	17,8	0,05	3,87	0,01	0,23	1,24	0,15	14	9,1	150	66,9	375	1.220	270	16.100	68,5	81	2790
MIA-630B																					
Circón-138-MIA-630B	349	8,83	765	1,24	0	11,2	0,01	0,39	1,67	0,2	11,3	4,56	59,3	25	123	257	55,1	12530	3,06	113,1	235
Circón-139	520	21,4	4.500	37,8	0,17	606	1,02	18	26,4	8,58	114	35,9	406	151	664	1.290	257	8.000	83	9.970	2.620
Circón-140	257	5,86	1.460	3,13	0,03	80,6	0,3	5,66	6,91	2,49	33	11	125	48,7	232	518	114	8.200	42	1.030	1.231
Circón-141	100	6,38	860	2,81	0	49,6	0,05	0,74	2,02	0,7	13	4,8	67	27,5	138	328	74,6	12.200	14	530	404
Circón-142	200	284	2.170	20,8	0,36	293	0,46	6,5	11,3	3,58	46,5	16,1	179	67,7	305	620	127	6.400	45,3	4.520	1.470
Circón-143	440	9,8	4.880	18,3	0,54	460	0,93	13,5	18,9	6,95	100	32,9	412	163	705	1.330	258	9.230	67,3	8.400	2.060
Circón-144	154	6,71	714	4,64	0	38	0,04	0,76	1,29	0,66	8,8	3,75	46	21,8	121	340	80	10.190	27,5	511	885
Circón-145	480	9	3.510	11	0,05	257	0,45	7,5	11,4	4,5	65,9	22	286	115	521	1.150	241	7.250	51,3	3.450	1.510
Circón-146	87	6,31	872	4,66	0	79,7	0,08	1,32	2,94	1,08	14,8	5,19	67,6	27,4	130	296	62,3	9.640	22,5	829	661
Circón-147	540	7,68	2.890	19,7	0,31	266	0,45	6,39	10,1	3,06	50,7	17	218	89,9	459	1.030	220	9.860	77	4.360	2.250
Circón-148	888	9,5	6.600	26	0,2	552	0,94	14,1	21,6	7,75	108	38,4	484	205	1.030	2.280	468	7.090	100	9.500	3.180
Circón-149	390	7,07	2.060	11,8	0,02	187	0,16	3,01	6,9	2,14	40,8	14,1	176	67,9	302	560	110	10.410	40,8	2.310	1.280
Circón-150	282	7,87	1.850	11,9	0,1	184	0,32	4,51	6,43	2,81	31	10,8	133	56,3	289	757	171	7.990	42	2.400	1.280
Circón-151	377	7,7	2.940	9,84	0	218	0,21	4,23	8,06	2,9	48,7	18,3	235	92,7	426	855	169	8.590	42	2.890	1.270
Circón-152	693	6,55	4.280	13,9	0,01	248	0,25	4,26	9	3,11	68,7	25,1	335	139	647	1.300	265	9.680	67,8	4.290	2.030
Circón-153	240	6,07	900	3,05	0,08	58,9	0,11	1,27	2,08	0,96	12,1	4,72	60,1	25,8	129	314	72,2	13.800	34,5	740	1.040
Circón-154	317	10,1	2.920	24,6	0,08	438	0,85	13	18,1	6,86	75,1	23,9	264	94	407	790	156	8.780	74,8	8.800	2.270
Circón-155	342	13,5	1.950	15,4	4,91	203	3,13	22,5	12,9	3,1	47,3	13,4	154	62,7	287	608	128	7.990	170	36.600	5.290

(ppm)	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
Circón-156	311	12	3.590	32	0,2	540	0,76	11,4	19,5	7,61	89,5	28,1	323	119	505	957	188	7.670	89,5	8.430	2.560
Circón-157	250	32,8	2.280	5,63	0,1	136	0,42	6,5	9,5	3,1	43,9	14,4	183	72,7	332	765	162	8.850	23,2	1.520	759
Circón-158	50	7,13	606	2,11	0,06	42,9	0,11	1,45	1,78	0,71	11,9	4	47,6	18,8	92	218	52,1	13.100	27	630	840
Circón-159	550	6,94	7.090	16,9	0,31	496	2,4	32,6	43,3	14,6	181	55,6	632	231	1.020	1.920	375	8.430	60,3	6.190	1.810
Circón-160	620	29,8	4.140	15,6	0,05	286	0,21	4,61	9,5	3,39	67,5	25,5	319	128	585	1150	229	8.050	43	3.070	1.360
Circón-161	540	8,4	3.110	14,7	0,47	286	0,46	5,8	10	3,58	60,6	19,9	255	97	452	950	192	7.500	63,5	5.500	2.020
Circón-162	560	9,19	5.540	33,1	0,08	629	0,9	14,2	24,3	8,64	116	39	464	175	773	1470	284	8.210	103	10.330	3.030
Circón-163	400	9	2.170	8,02	0,08	167	0,15	2,56	6,8	2,52	34,3	12,4	163	66,9	318	674	145	8.400	33,8	1.890	1.000
Circón-164	31	6,89	1.560	5,9	0	94,2	0,09	1,55	4,35	1,41	24,7	9,81	127	50,4	224	458	91,7	10.580	16,1	684	477
Circón-165	130	7,6	1.010	8,3	0,81	66	0,41	2,54	2,89	1,09	12,5	4,63	59,7	28,7	159	458	120	8.400	72	2.630	2.050
Circón-166	412	9,6	3.620	27,6	0,02	531	0,58	8,44	17,1	6,57	84,2	27,7	320	121	517	977	186	8.990	86,5	7.610	2.580
Circón-167	105	6,21	1.060	6,48	0,02	94,5	0,08	1,24	3,29	1,15	19,7	6,95	85	34,8	160	341	75,4	9.500	47,3	1.600	1.440
Circón-168	197	6,64	1.110	4,82	0,04	92,6	0,26	3,5	5,25	1,96	23,7	7,82	93	36	162	346	78,5	9.400	63,5	1.420	1.900
Circón-169	1.060	11,3	4.230	14,6	1,61	317	1,09	12,3	15,6	5,34	79,5	27,6	340	137	639	1.390	291	6.800	65	6.620	1.970
Circón-170	193	6,66	1.930	8,21	0,03	162	0,28	3,66	6,62	2,42	37,7	13,1	159	63,9	300	659	143	9.290	46,5	2.070	1.420
Circón-171	366	13,7	3.950	40,8	0,05	562	0,79	11,4	20,3	6,98	95,2	30,7	353	132	565	1.075	209	8.650	87,3	7.860	2.510
Circón-172-MIA-630B	248	7,64	1.480	12,9	0,15	199	0,33	4,4	6,02	2,73	29,9	10,4	126	45,4	214	470	107	9.360	66	2790	2050
AMC-128A																					
Circón-036-AMC-012B	139	7,42	576	3,94	0	10,9	0	0,2	0,54	0,12	5,5	2,56	37,4	17,4	96,1	278	64,7	12670	115	39	652
Circón-037	4.120	31,8	2.221	6,35	6,13	44,8	3,03	19	12,7	1,1	46,6	16,1	196	75,2	345	714	147	12.030	48	431	613
Circón-038	433	6,76	2.094	13,2	0,14	20,3	0,13	1,07	3,77	0,63	27,5	12	166	71,4	344	748	153	12.540	72,2	432,7	903
Circón-039	10.200	75	1.300	3,76	10,6	50,9	5,7	32,1	18,5	1,72	41,2	13,1	129	42,5	183	373	78,9	12.400	31,1	217,4	399
Circón-040	544	9,43	1.758	2,8	0,43	24,4	0,27	3,87	7,17	1,11	37,8	13,6	157	60,8	274	523	106	11.170	19,1	238,2	241
Circón-041	394	8,42	1.470	6,27	0	33,6	0,09	1,8	3,9	0,64	24,4	9,53	122	49,4	230	462	92,5	11.180	31,2	389,9	387
Circón-042	328	7,44	1.604	9,17	0	34,2	0,08	1,38	3,86	0,7	27,2	10,4	133	53,2	254	535	110	11.220	47,9	572	534
Circón-043	782	10,5	4.980	52,8	0,03	55,9	0,31	5,21	12,7	1,99	86,9	34	427	175	806	1.728	337	11.370	220	2033	2940
Circón-044	230	16	1.108	5,61	0,1	11,5	0,04	0,53	1,84	0,44	13,7	5,7	82,1	35,2	183	452	98,1	12.370	26,9	150,1	410
Circón-045	148	5,81	807	3,24	0	7,14	0,01	0,49	1,65	0,24	11,5	4,6	59,8	26,2	133	319	70,5	13.840	21,6	122,7	347
Circón-046	464	9,6	1.911	3,21	0,04	20,7	0,22	3,93	7,05	1,23	37,9	13,4	165	65,1	301	614	126	11.130	22,3	265	289
Circón-047	187	6,91	960	4,41	0	16,4	0,03	0,9	1,75	0,32	12,4	5	71,6	30,4	154	385	85	11.760	32,8	250	417
Circón-048	345	7,5	1.053	5,6	1,38	18,7	0,51	2,89	2,11	0,38	13,1	5,69	77,6	34	176	440	93,1	12.690	46,1	305,9	574
Circón-049	190	6,87	1.051	4,76	0	18,9	0,03	0,77	2,29	0,34	13,6	5,86	77,2	34,1	170	396	84,3	12.230	41,2	378	509
Circón-050	410	7,18	1.722	16,2	0,35	19,4	0,16	1,41	2,07	0,3	18,6	8,92	125	55,7	285	691	147	13.490	91,1	489,6	1181
Circón-051	452	11,1	2.812	5,09	0,14	40,5	0,38	5,75	10,2	1,91	58,2	20,7	248	96,8	438	853	171	10.110	31,6	459	407
Circón-052	381	6,83	2.240	21,7	0	40,7	0,05	1,4	5,03	0,6	30,8	12,3	174	73,6	364	826	173	13.600	111	751	1440
Circón-053	260	176	1.680	10,6	0,07	21,8	0,18	2,04	3,73	0,81	25,1	9,59	129	55,8	273	609	132	11.030	37,3	243	458
Circón-054	550	25,4	3.730	10,5	0,21	95	0,52	10,1	15,6	3,14	91	29,6	349	129	565	1.000	193	10.240	54	1160	636
Circón-055	561	7,47	2.229	6,96	0,37	27,4	0,26	2,08	5,22	0,78	35,5	13,6	180	73,9	359	752	156	12.190	55,2	438	662
Circón-056	341	6,41	786	3,8	0	15	0,02	0,6	1,73	0,22	10,4	4,29	59,8	25,5	128	307	67,4	12.240	26,9	174	293
Circón-057	393	8,06	1.696	8,37	0,06	31,6	0,12	1,75	4,42	0,92	26,9	10,8	138	56,2	276	587	123	11.720	52,4	636	661
Circón-058	700	18,2	2.688	12,1	0,36	53,5	0,23	2,64	6,21	1,12	41,4	16,5	211	88,8	429	953	202	11.980	91,5	924	1117
Circón-059	409	7,01	1.635	6,72	0,02	41,5	0,11	2,2	4,61	0,68	25,3	9,75	127	52,7	260	571	122	11.440	42,8	473,9	540
Circón-060	212	6,4	1.653	8,08	0	26,3	0,05	0,9	3,14	0,59	22,9	9,15	124	53,3	270	625	135	12.590	59,4	542	748
Circón-061	251	6,74	1.188	5,82	0	19,2	0,02	0,83	2,12	0,54	15,3	6,27	84,9	37,7	193	475	104	12.230	39	302,4	485
Circón-062	192	6,79	969	4,78	0	17,4	0,02	0,68	1,48	0,36	13,2	5,18	69,4	31,4	160	388	86,3	12.500	29,6	212,9	384
Circón-063	398	7,25	1.075	5,11	0,88	18,2	0,26	1,71	1,63	0,35	13	5,79	78,6	34,7	180	440	96,4	12.800	44,7	246,7	553
Circón-064	182	6,03	832	3,41	0,03	13,4	0,01	0,51	1,14	0,29	9,91	3,99	59,2	25,7	136	349	78,3	12.600	33,7	188,7	412
Circón-065	196	6,93	1.060	5,13	0	16,6	0,07	1,12	2,67	0,63	16,6	6,15	79,1	34,3	172	388	81,4	13.600	42,3	191	566
Circón-066	391	7,49	1.266	5,48	0	23,4	0,04	0,94	2,5	0,56	17,3	7,34	97,1	41,1	205	463	101	11.210	26,6	227,9	321
Circón-067	338	8,7	3.062	8,63	0,13	34,2	0,27	4,84	10,5	1,58	50,2	19,4	241	99,7	480	1.093	238	10.560	76,2	1120	1098
Circón-068	2.090	15	1.158	5,49	12,4	45	4	22,3	5,8	0,62	16,6	5,98	83,3	36,8	195	488	110	12.640	38,7	200	465
Circón-069	220	6,44	1.172	7,21	0	14,9	0,02	0,54	1,68	0,39	12,9	5,82	83,9	37,7	195	464	99,6	12.680	43,6	267,3	561
Circón-070-AMC-012B	391	8,88	1.720	3,32	0	18,9	0,14	2,87	6,18	1,02	36,4	12,5	155	60,5	265	484	97,4	10.430	15,5	185	193