

Batolito de Atánquez

» **Sierra Nevada de Santa Marta**
Cesar

Gabriel Rodríguez, Juan Pablo Zapata, Gloria Obando, Ana María Correa Martínez, Diego Ramírez, Jimmy Alejandro Muñoz, Lorena del Pilar Rayo y Cindy Lizeth Ureña

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Jurásico

Citación: Rodríguez, G., Zapata, J. P., Obando, G., Correa-Martínez, A. M., Ramírez, D., Muñoz, J. A., Rayo, L. P. y Ureña, C. L. (2023). Batolito de Atánquez. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Sierra Nevada de Santa Marta*. Vol. 3. Servicio Geológico Colombiano.

Este catálogo es uno de los resultados del proyecto “Magmatismo jurásico de Colombia”, que tiene por objeto mejorar la información geológica básica, y el conocimiento acerca de los eventos magmáticos de ese periodo en el territorio nacional. En este sentido, desde 2014, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha venido ejecutando dicho proyecto; ha desarrollado actividades de compilación, control de campo, muestreo para petrografía, química mineral, geoquímica de roca total y geocronología U-Pb en circón; ha utilizado la información tanto de las muestras recolectadas en el presente estudio como de los estudios anteriores, además de aquellos datos que tiene el SGC y que otros investigadores han publicado. Todo este acervo se incorpora para realizar una integración e interpretación que permita dar un salto importante en el conocimiento geológico básico, herramienta que es fundamental para la exploración de minerales y el entendimiento de la evolución geológica de los Andes del norte de Suramérica.

En este catálogo se presenta nueva información geológica, petrográfica, litogeoquímica y geocronológica del Batolito de Atánquez –que aflora en el costado oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta–, a partir de la interpretación de análisis petrográficos, químicos de roca total y dataciones U-Pb en circón. Estos nuevos datos, junto con los ya existentes, permiten entender la evolución de este intrusivo, determinar los pulsos de cristalización que lo conforman y el tiempo de actividad magmática, las variaciones composicionales de las rocas desde la petrografía y la química de roca total.

1. Origen del nombre, distribución geográfica y reseña histórica

El Batolito de Atánquez fue descrito originalmente por Tschanz *et al.* (1969a) en los alrededores de la localidad de Atánquez (departamento del Cesar). Aflora entre las poblaciones de Patillal, al este, y Chemesquemena y Guatapurí, al oeste, y en las cuencas de los ríos Candela, Badillo y la parte alta del Guatapurí; así, ocupa un área aproximada de 230 km² (Tschanz *et al.*, 1969a; Colmenares *et al.*, 2007) (figura 1).

Tschanz *et al.* (1969a, 1969b) incluyeron este cuerpo dentro del Cinturón Central de Batolitos Jurásicos, aunque Colmenares *et al.* (2007) lo asocian por su localización geográfica y características composicionales y texturales a los batolitos de Pueblo Bello y Patillal. En este trabajo se considera uno de los batolitos de la Franja Suroriental.

2. Descripción geológica

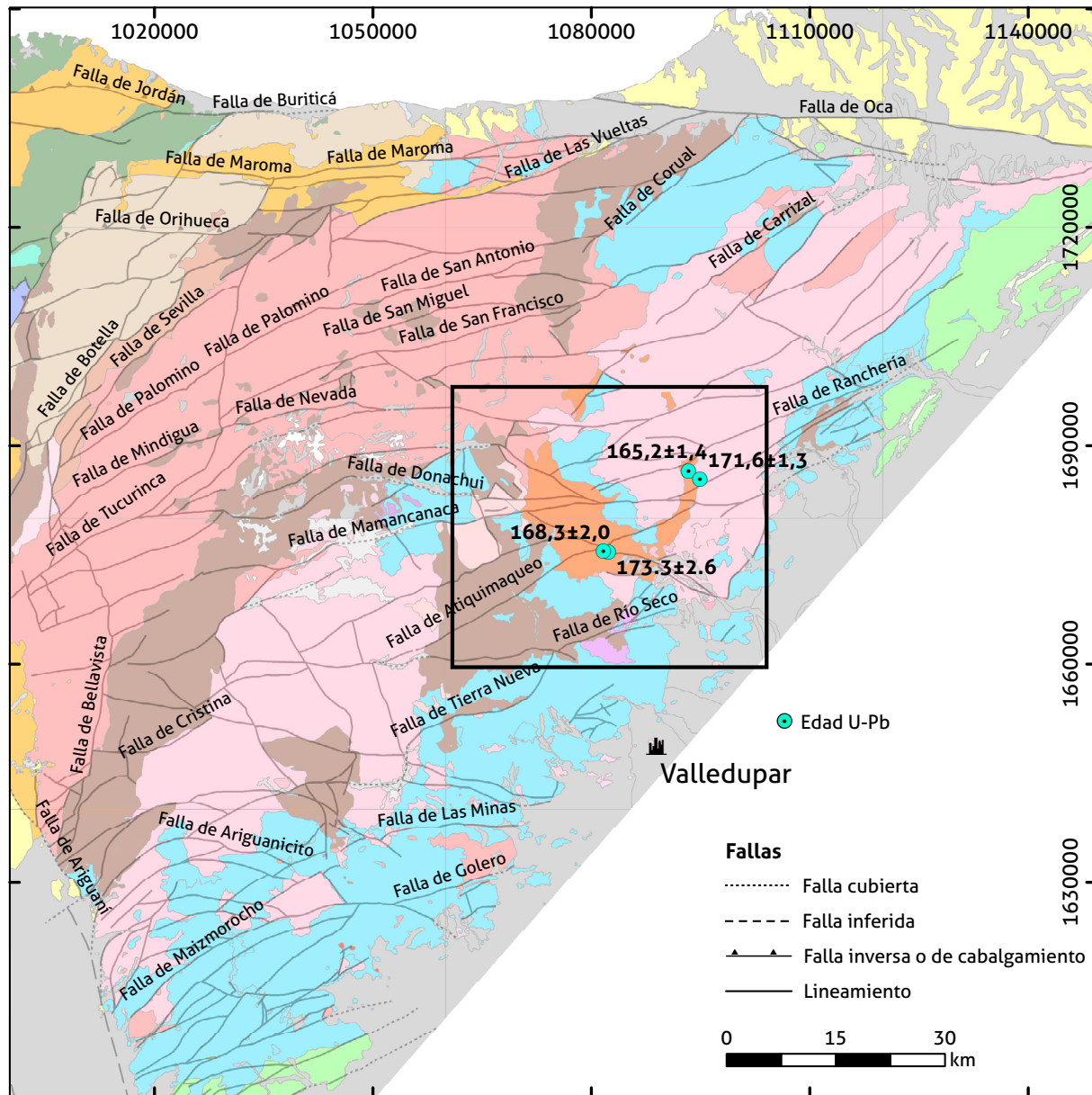
2.1. Marco geológico

La Sierra Nevada de Santa Marta está localizada en el noroeste de Suramérica, en la zona meridional del Caribe

y norte de Colombia; es un macizo de forma triangular que tiene un área de 13700 km² y picos que alcanzan alturas hasta de 5900 m s.n.m., lo que lo convierte en el más alto en el mundo en proximidades a la línea costera. Se encuentra limitado por la falla Santa Marta-Bucaramanga en su lado suroccidental; en el lado norte, por la falla de Oca, y en el lado nororiental está cubierto por sedimentos clásticos cretáceos a paleocenos de la cuenca Cesar Ranchería (Cardona *et al.*, 2010b) (figura 1).

La Sierra Nevada de Santa Marta es el resultado de la interacción entre las placas del Pacífico, del Caribe, y de Suramérica, que se inició desde el Mesozoico temprano (Kellogg *et al.*, 1995; Taboada *et al.*, 2000; Cardona *et al.*, 2010a; Montes *et al.*, 2010). Ha sido considerada parte de los bloques del Proterozoico asociados a la cordillera Oriental de Colombia, junto con los macizos de Garzón y de Santander (Kroonenberg 1982; Cediél *et al.*, 2003; Cordani *et al.*, 2005; Ordóñez-Carmona *et al.*, 2006; Ramos, 2010) y forma parte de los afloramientos de rocas del Proterozoico en Colombia, junto con los de San Lucas y La Guajira (Kroonenberg, 1982).

La Sierra Nevada de Santa Marta tiene un basamento metamórfico del Neoproterozoico (Tschanz *et al.*, 1969a;



Leyenda

- Depósitos cuaternarios y aluviales
- Depósitos cuaternarios fluvioglaciares
- Sedimentos de edad Mioceno y Plioceno
- Plutones Paleógenos (Batolito de Santa Marta y otros intrusivos menores)

Mesozoico

- Esquistos de Concha, Esquistos de Gaira y Esquistos de San Lorenzo (Cretácico)
- Fm. Molino, Grupo Cogollo, Fm. La Luna y Fm. Portales (Cretácico)

- Pórfidos graníticos y riolíticos hipoabisales (Jurásico)
- Complejo Volcánico de la SNSM (Jurásico)
- Franja Central de Batolitos (Jurásico)
- Batolito de Atánquez (Jurásico)
- Batolito de Pueblo Bello (Jurásico)
- Plutón del Socorro (Jurásico)
- Batolito de Patillal (Jurásico)
- Milonitas y Migmatitas La Secreta (Triásico)

Paleozoico

- Neis El Encanto (Pérmico)
- Grupo Cachirí (Devónico)

Precámbrico

- Neis de Buritaca y los Muchachitos
- Granulita de Los Mangos
- Gabros y dioritas

Figura 1. Mapa geológico de la franja suroriental de batolitos. Batolito de Atánquez
Fuente: modificado de Tschanz *et al.* (1969b), Colmenares *et al.* (2007), y autores.

Tschanz *et al.*, 1974; Ordoñez-Carmona *et al.*, 2002; Ibáñez Mejía *et al.*, 2011, Piraquive, 2017), representado por unidades como la Granulita de Los Mangos y el Neis de Buritaca, constituidas por neises, neises anortosíticos, anfíbolitas, granitoides de anatexia y migmatitas en facies granulita a anfíbolita, sobre las cuales reposan discordantes unidades sedimentitas paleozoicas (Tschanz *et al.*, 1969a); se presentan cuerpos de gabbro y granitoides deformados pérmicos como granitoides miloníticos (Cardona *et al.*, 2010b), y el Ortogneis de El Encanto (Piraquive, 2017) en el límite entre el basamento precámbrico y rocas metamórficas del Jurásico superior, denominadas Neis de los Muchachitos y Esquistos de San Lorenzo (Tschanz *et al.*, 1969a, 1974; Piraquive, 2017). Batolitos Jurásicos de composición tonalítica, granodiorítica a monzogranítica, y cuerpos menores de pórfidos dacíticos y riolíticos intruyen las unidades precámbricas y paleozoicas, que son finalmente suprayacidas por rocas volcánicas y piroclásticas del Jurásico inferior a medio.

El basamento neoproterozoico hacia el noroeste está en contacto fallado con terrenos metamórficos del Jurásico superior, conformados por migmatitas con bandas de anfíbolitas, neises anfibólicos, granofels cuarzo feldespático y esquistos cuarzo micáceos, así como con fragmentos pérmicos milonitizados sobre los que reposan discordantes las rocas jurásicas que parcialmente corresponden a unidades cartografiadas como el Neis de Los Muchachitos y los esquistos de San Lorenzo (Piraquive, 2017).

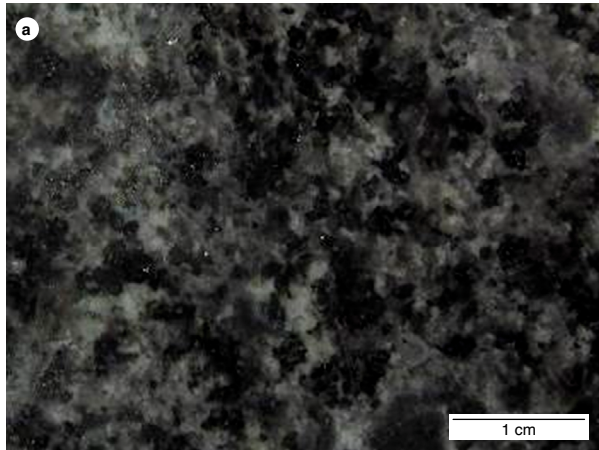
Al occidente del Cinturón Jurásico, la Sierra Nevada de Santa Marta está conformada por cinturones metamórficos del Cretácico superior al Paleógeno: una faja costera que consiste de esquistos verdes y filitas, y un cinturón interior que comprende esquistos micáceos,

esquistos cuarzosericíticos, cuarcitas, esquistos cuarzo-grafíticos y anfíbolitas (Tschanz *et al.*, 1969a, 1974; Bustamante *et al.*, 2009; Zuluaga y Stowell, 2012; Mora Bohórquez *et al.*, 2017). Ambas fajas metamórficas están separadas por el Batolito de Santa Marta de edad Eoceno (58-44 Ma K-Ar age, Tschanz *et al.*, 1974).

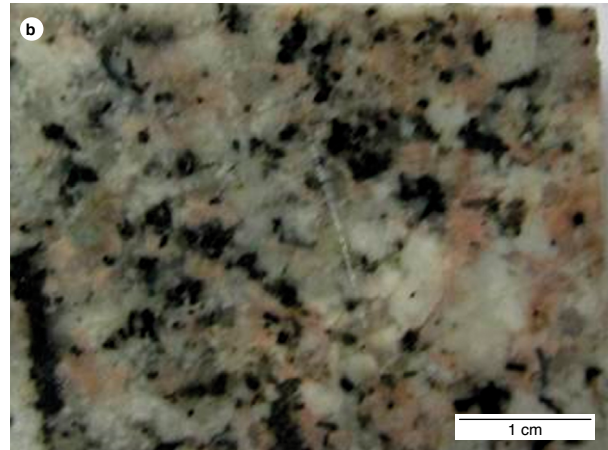
2.2. Características macroscópicas

El Batolito de Atánquez está constituido por granodioritas, tonalitas y cuarzomonzonitas. Las rocas son de color blanco moteadas de negro y localmente muestran algo de rosado debido al feldespato alcalino, y presentan textura holocristalina granular; están compuestas por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y cantidades menores de anfíbol (figura 2). Los enclaves son frecuentes: dioríticos y andesíticos (figura 2), de tamaños entre 1 cm y 40 cm, de formas elipsoidales, redondeadas a angulares, con los bordes difusos, están compuestos por anfíbol y plagioclasa y tienen texturas microgranulares a porfídicas. El plutón está atravesado por diques de color verde a gris verdoso de composición andesítica y basáltica, con espesores entre 5 cm y 5 m, de geometría tabular y contactos netos (figura 2). También es común la presencia de diques félsicos de colores rosados y blancos de composición granítica, cuarzolítica a riolítica, ocasionalmente se presentan diques pegmatíticos graníticos.

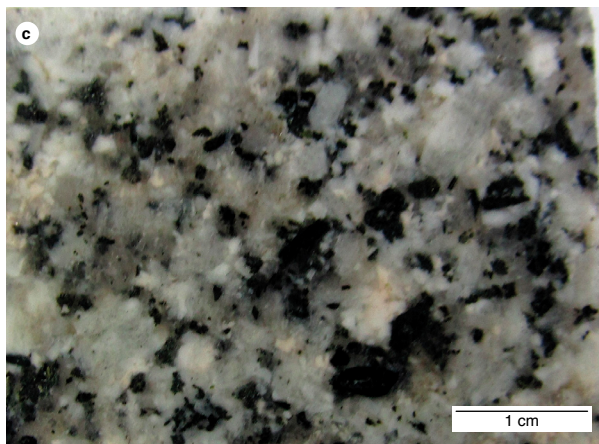
El Batolito de Atánquez presenta una orientación regional anómala distintiva NW-SE, contraria a la tendencia NE-SW predominante en el resto de cuerpos ígneos de la zona. Esto sugiere que la intrusión fue controlada por una falla (lineamiento de Atánquez) con dirección N45°W, cerca al curso de los ríos Candela y Badillo (Tschanz *et al.*, 1969a).



901449 - Cuarzomonzonita



901440 - Granodiorita



901438 - Granodiorita



GR-6759 - Enclaves



Diques basálticos

Figura 2. Aspecto macroscópico del Batolito de Atánquez

2.3. Características microscópicas

Para el estudio petrográfico del Batolito de Atánquez se analizaron ocho secciones delgadas de granitoides y seis correspondientes a diques y cuerpos menores intrusivos (figura 3). Las rocas granitoides se clasificaron como granodioritas, cuarzomonzonitas y tonalitas (tabla 1), las cua-

les tienen textura general holocristalina hipidiomórfica a alotriomórfica granular y localmente presentan texturas simplectíticas de hornblenda-cuarzo, plagioclasa-cuarzo (mirmequítica), coronas de titanita rodeando los opacos y restos de clinopiroxeno rodeados de hornblenda. Se analizó la información petrográfica de Quandt *et al.* (2018),

la cual corresponde al análisis de siete secciones delgadas de rocas granitoides y dos de diques del Batolito de Atánquez, clasificadas como monzogranitos y granodioritas.

2.3.1. Granodioritas, cuarzomonzonitas y tonalitas

El Batolito de Atánquez está compuesto principalmente por granodioritas (5) y cuarzomonzonitas (2) y subordinadas tonalitas (1) (figura 4, tabla 1). Las rocas son faneríticas de grano medio, con textura hipidiomórfica a alotriomórfica granular; están constituidas por cuarzo (9,8-38 %), plagioclasas de tipo oligoclasa-andesina $An_{13}-An_{36}$ (41,7-75,1 %), feldespato potásico (0-31,8 %),

biotita que puede alcanzar el 7,2 %, hornblenda puede estar ausente o alcanzar hasta un 10,6 % del volumen total de la roca (figura 5). Como minerales accesorios se presentan opacos, circón, apatito, titanita y en algunas rocas allanita, rutilo y clinopiroxeno.

El cuarzo se encuentra en cristales anhedrales a subhedrales, de tamaños entre 300 μm y 1600 μm , tiene contornos irregulares a rectos cristalinos; en algunas rocas es intersticial, incoloro, con extinción ondulatoria; pueden tener microfracturas e inclusiones microcristalinas a manera de polvo, plagioclasa, biotita, hornblenda, feldespato, titanita y opacos (figura 5).

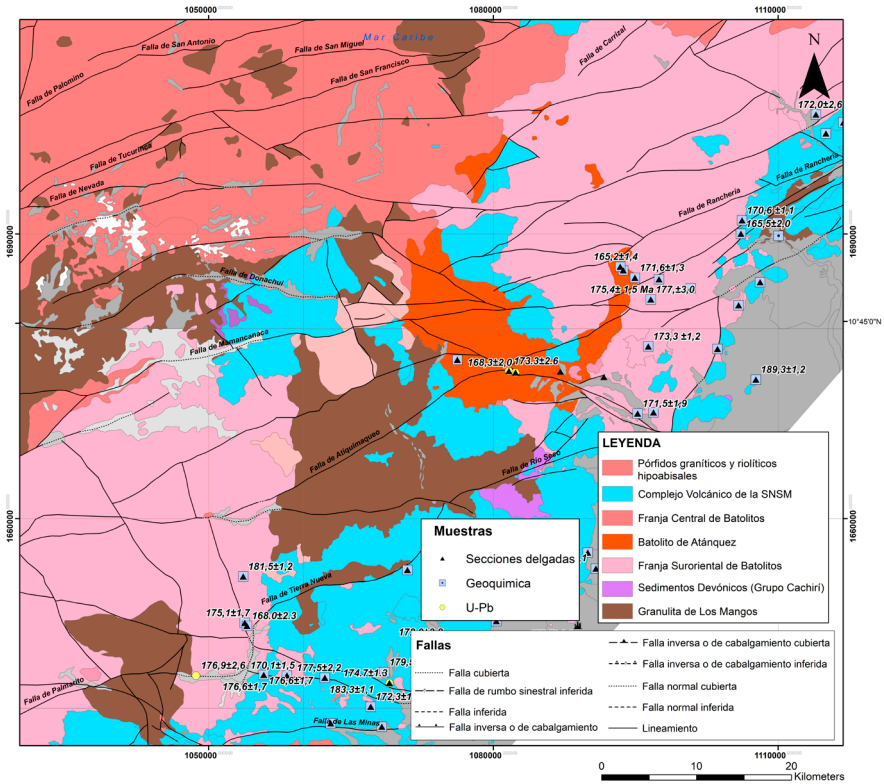


Figura 3. Localización de muestras en el Batolito de Atánquez

Tabla 1. Composición modal de rocas del Batolito de Atánquez

IGM	N.º de campo	Oeste (m)	Norte (m)	Qtz	Pl	Fsp	Cpx	Hbl	Bt	Op	Ap	Zrn	Ttn	Ep	Clasificación petrográfica
901449	GR-6834	1076217	1676725	9,8	43,1	27,5	0,7	10,6	7,2	0,6	0,1	Tr	0,4		Cuarzomonzonita
	804	1073952	1684612	13,1	48,5	31,8			6,5	0,1					Cuarzomonzonita
901440	GR-6824A	1094918	1685375	29,3	42,7	22		0,7	4,7	0,6	Tr	Tr	Tr	Tr	Granodiorita
901438	GR-6822	1093370	1686540	38	41,7	13,5		2,5	3,7	0,6	Tr	Tr	Tr		Granodiorita
	518	1080199	1675244	26,7	44,9	18,6		3,4	6,3	Tr	Tr		0,1	Tr	Granodiorita
900982	GR-6755	1087051	1675487	31,0	43,9	17,5		1,8	5,8	TR	TR	TR	TR		Granodiorita
	319	1091158	1677562	17,6	75,1			5,5	1,7	Tr	Tr	Tr	0,1	Tr	Tonalita
900983	GR-6756	1082347	1675382	30,4	47,4	17,5		1,8	2,9	TR	TR	TR	TR	TR	Granodiorita

Fuente: Geoestudios-Ingeominas (2007), y autores.

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

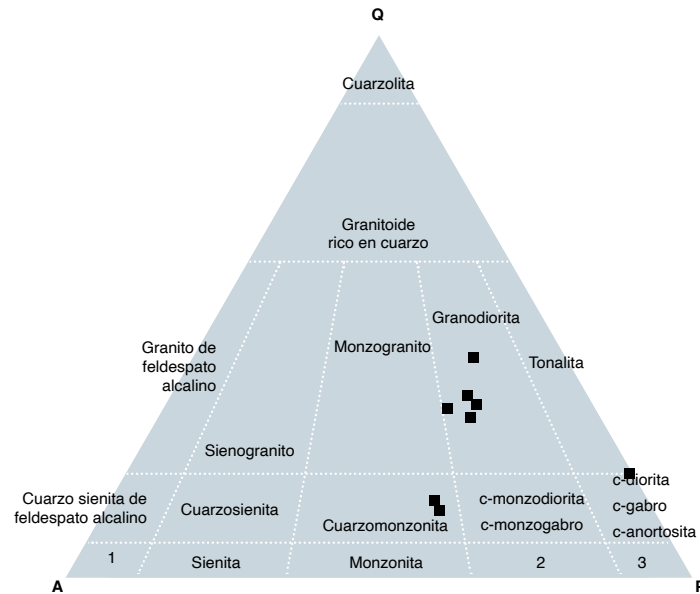
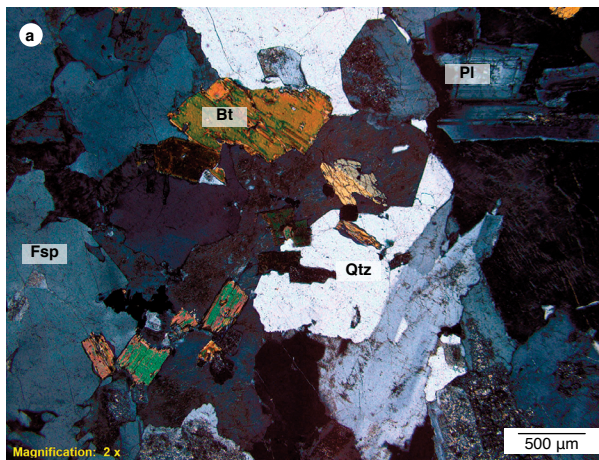
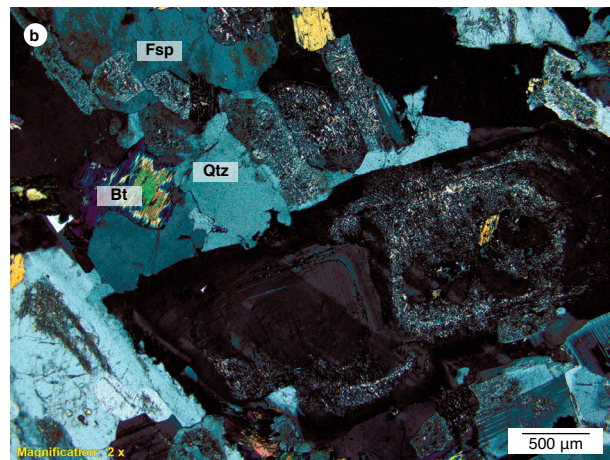


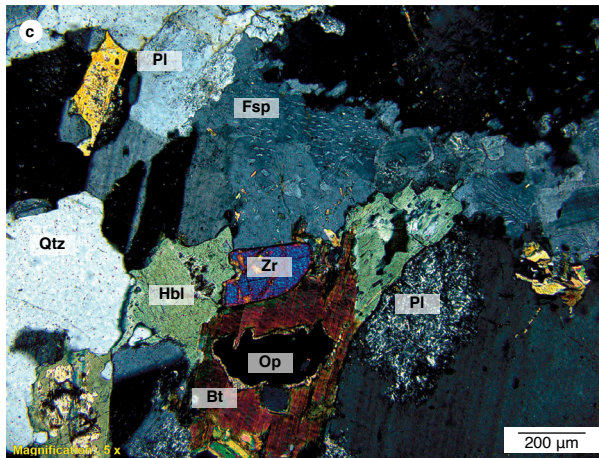
Figura 4. Clasificación modal de rocas del Batolito de Atánquez en el diagrama de Streckeisen (1976)



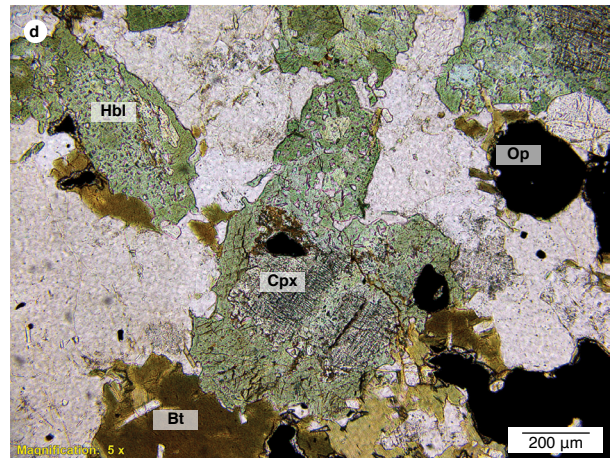
901440 - Granodiorita



901438 - Granodiorita



901449 - Cuarzomonzonita



901449 - Cuarzomonzonita

Figura 5. Aspecto microscópico y mineralogía de las rocas del Batolito de Atánquez

Qz: cuarzo, Pl: plagioclasa; Fsp: feldespato alcalino; Bt: biotita, Hbl: hornblenda; Zr: circon; Op: opacos, Cpx: clinopiroxeno.

La plagioclasa es euhedral a subhedral de forma tabular, inequigranular de tamaños entre 200 μm y 4 mm; tiene maclas de albita, albita-Carlsbad y, menos frecuente, periclina; presenta extinción zonada oscilatoria; el relieve puede ser mayor o menor al del bálsamo. Los cristales de plagioclasa están empolvados por alteración a arcilla, sericita y saussurita hacia los núcleos, y se encuentran limpios hacia los bordes; puede presentar en algunas rocas bordes de reacción con el feldespato alcalino y desarrollar texturas mirmequíticas a manera de gotas microcristalinas, pueden aparecer como inclusiones en cuarzo y feldespato (figura 5).

El feldespato se clasificó como ortosa; se presenta en cristales anhedral a subhedral de tamaños entre 500 μm y 4 mm, de relieve menor al del bálsamo, con desmezclas pertíticas en vetillas finas o parches; pueden estar ligeramente empolvados por alteración a caolín que le da un aspecto sucio; se presentan localmente intersticiales entre los cristales de plagioclasa, con inclusiones de cuarzo, plagioclasa, hornblenda, circón y biotita; en algunas rocas, los cristales son poiquilíticos, con bordes de reacción en los contactos con cristales de plagioclasa (figura 5).

La biotita se encuentra en láminas euhedrales a subhedral de tamaños entre 300 μm y 2500 μm ; son de color marrón con pleocroísmo X: amarillo pálido Y=Z: marrón oscuro; tienen inclusiones de apatito, plagioclasa, cuarzo, opacos y titanita a lo largo del clivaje; algunas láminas de biotita son poiquilíticas y están parcial a completamente alteradas a clorita, epidota y esfena residual, a lo largo del clivaje y borde de las láminas (figura 5).

La hornblenda es euhedral a subhedral de tamaños entre 300 μm y 1600 μm , ocurre en cortes longitudinales y transversales, es de color verde con un pleocroísmo X: verde pálido, Y: verde y Z: verde oliva claro a verde manzana, con el ángulo de extinción que varía de 18° a 22°. Algunos cristales tienen maclas dobles; pueden estar en algunas rocas como intercrecimientos simplectíticos con cuarzo hacia los bordes de los cristales, como gotas ameboideas de cuarzo; además, pueden tener núcleos de clinopiroxeno con desarrollo de textura Schiller. La

hornblenda se encuentra en agrupaciones de cristales con inclusiones de apatito, opacos, biotita, plagioclasa y titanita (figura 5).

El apatito se presenta en microcristales euhedrales en cortes basales y longitudinales; tiene relieve alto, y se presenta como inclusiones en los minerales principales y son abundantes hacia los bordes de los opacos y junto al circón.

Los opacos ocurren en cristales anhedral a euhedrales rectangulares, generalmente tienen contornos irregulares, pero también rectos cristalinos; son de tamaños menores a 400 μm ; están junto a biotita y hornblenda y tienen inclusiones de apatito y titanita que puede estar como corona alrededor (figura 5).

La titanita se presenta en cristales finos anhedral a euhedrales, junto a cristales de opacos, biotita y hornblenda; en algunas rocas este mineral tiene formas rómbricas, en otras ocurre como una corona delgada alrededor de los opacos (figura 5).

El circón ocurre como microcristales euhedrales prismáticos cortos y largos, de relieve alto y birregencia roja a azul del segundo orden. El circón es de tamaño menor a 200 μm , se encuentran frecuentemente en los bordes de los opacos y junto a los minerales máficos (figura 5).

El clinopiroxeno se puede o no presentar como núcleos dentro de cristales de hornblenda o como cristales con bordes uralíticos, generalmente con inclusiones de opacos que desarrollan texturas Schiller.

2.3.2. Rocas de dique

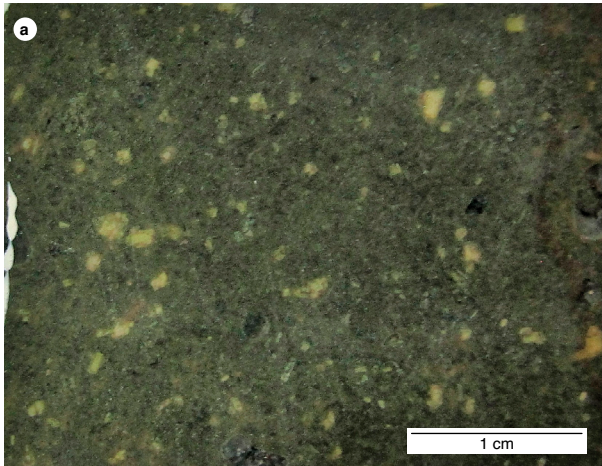
El Batolito de Atánquez se encuentra intruido por diques de andesitas y basaltos de colores grises a gris verdosos (figura 6), afaníticos a porfídicos; además ocurren diques de dacita, riolita, cuarzolatita y granito de colores rosados a blancos, los cuales tienen texturas porfídicas y aplíticas sacaroidales.

En el presente estudio se analizaron seis muestras de dique, cuya composición se resume en la tabla 2 y en la figura 6. Corresponden a andesitas (3) con texturas porfídicas y traquítica. Tres diques fueron clasificados como riolita, monzogranito y cuarzolatita.

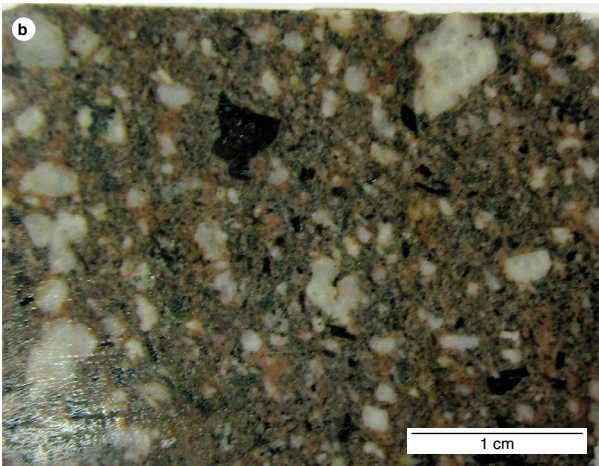
Tabla 2. Composición modal de rocas de dique en el Batolito de Atánquez

IGM	N.º de campo	Oeste (m)	Norte(m)	Qtz	Pl	Fsp	Cpx	Hbl	Bt	Op	Ap	Zrn	Ttn	Matriz	Fenocristales	Clasificación
556		1081412	1679373	0,8	82,1		4,3			Tr						Andesita
901439	GR-6823B	1093692	1686156	TR	3			0,8		TR	TR			96,2	3,8	Andesita
901441	GR-6824B	1094918	1685375	3,2	81,6	4,8		9,6	0,8	0,8	TR	TR	TR	79,2	20,8	Andesita
803		1071215	1683842	26,8	30,2	40,3			2,6	0,1			0			Riolita
1239		1070257	1681066	16,3	29,1	49,5			4,8	0,1	0		0,2			Cuarzolatita
900984	GR-6757	1081650	1675545	32,8	29,3	37,5			0,4	TR	TR	TR	TR			Granito

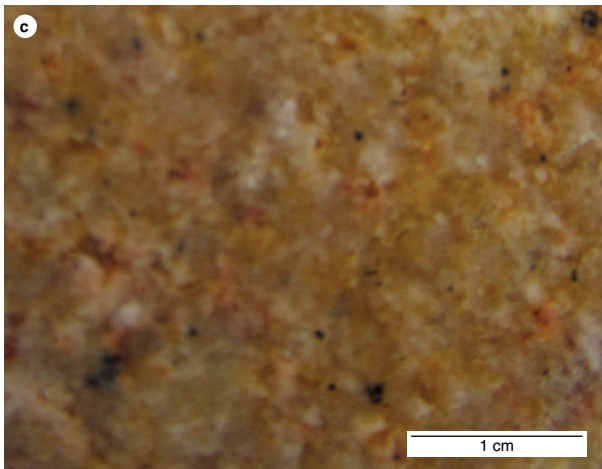
Fuente: Geoestudios-Ingeominas (2007), y autores.



901439 - Andesita



901441 - Andesita



9009848 - Granito aplítico

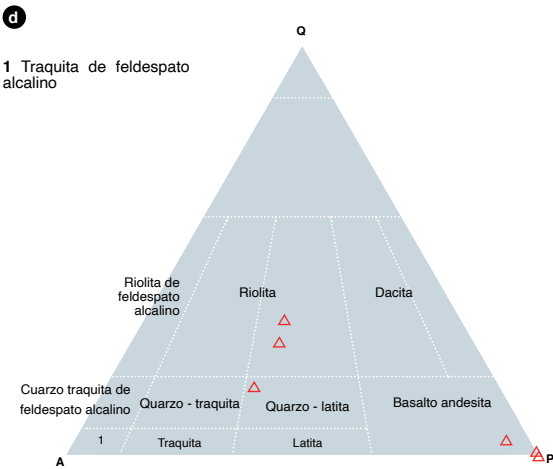
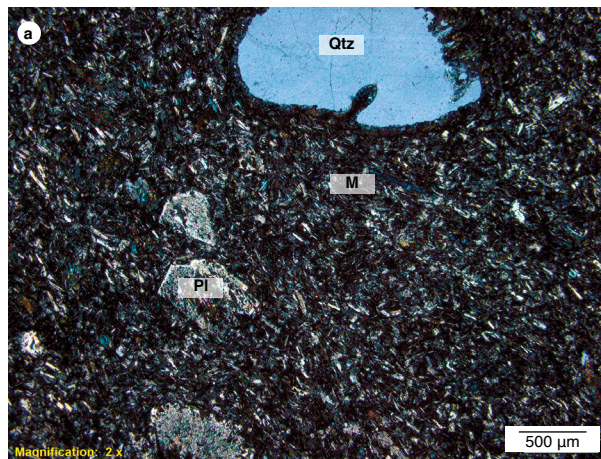


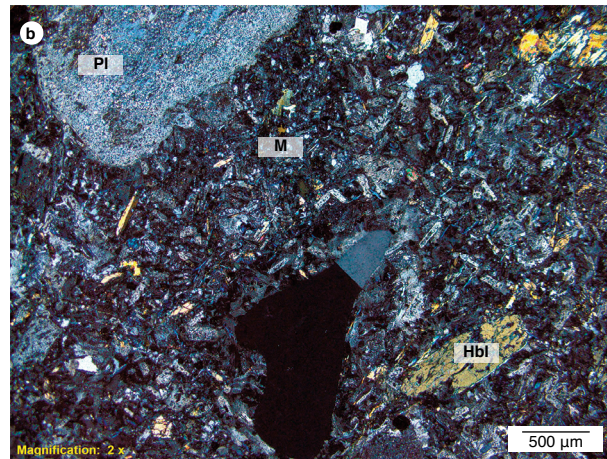
Figura 6. Aspecto macroscópico de diques andesíticos y graníticos del batolito de Atánquez y Clasificación modal en el diagrama de Streckeisen (1978)

Andesitas. Los diques de andesita presentan textura porfídica a microporfídica con fenocristales de plagioclasa, hornblenda y cuarzo, y en algunas rocas hay esqueletos de minerales máficos que flotan en la matriz. La matriz está constituida por microlitos de plagioclasa tabulares orientados de manera traquitoide, lo que indica flujo de la roca, junto a agregados secundarios

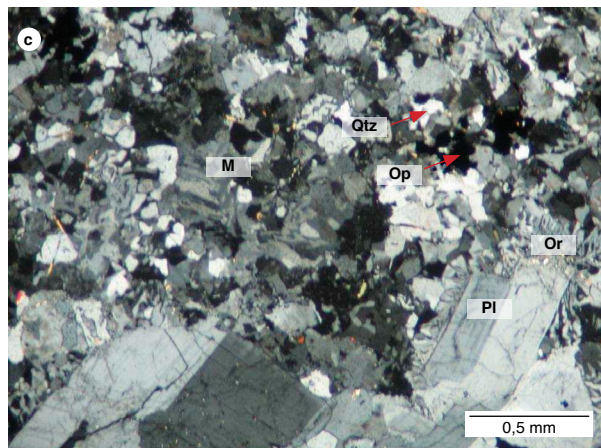
de epidota y clorita que reemplazan microcristales de hornblenda; además, tiene opacos diseminados. La matriz puede estar constituida por microcristales entrecruzados de plagioclasa tabular, cristales anhedrales de cuarzo e intersticial, minerales entre los que se presentan intercrecimientos micrográficos de cuarzo y feldespato (figura 7). Entre los microlitos puede haber vi-



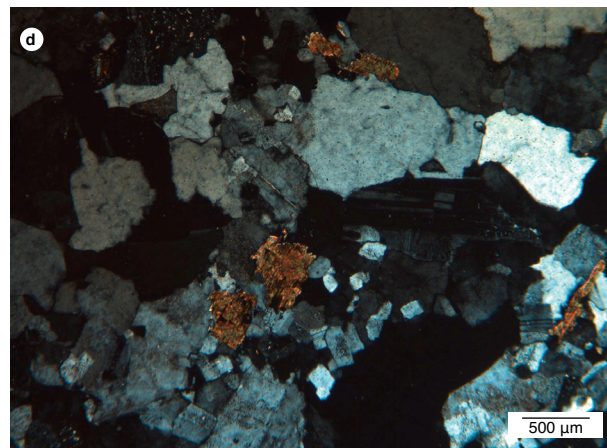
901439 - Andesita



901441 - Andesita



INM-1239 - Cuarzolitita



900984 - Granito aplítico

Figura 7. Aspecto microscópico de diques andesíticos y graníticos del Batolito de Atánquez

drio desvitrificado. Algunas rocas de dique localmente presentan amígdalas rellenas de cuarzo con los bordes ocupados por agregados de epidota y el núcleo relleno de clorita.

Las andesitas están constituidas por fenocristales y microcristales de plagioclasa, hornblenda y pueden aparecer cuarzo, feldespato alcalino y biotita. Los minerales accesorios son opacos, apatito y circón, y como minerales de alteración, se presentan epidota, clorita, sericita, saussurita y los del grupo de las arcillas.

La plagioclasa se presenta en fenocristales subhedrales y como microcristales en la matriz. Los fenocristales pueden estar orientados, parcialmente reabsorbidos por la matriz y reemplazados por agregados de epidota microgranulares; son subhedrales de tamaño entre 400 µm y 4 mm; están empolvados por alteración a saussurita con formación de epidota que enmascara parcialmente las propiedades ópticas de los cristales; presentan maclas

de albita y albita-Carlsbad o no tienen maclas. Los microcristales de la matriz son tabulares largos, euhedrales a subhedrales; pueden tener orientación de flujo o estar dispuestos de manera entrecruzada, con moderado desarrollo de los cristales; presentan maclas de Carlsbad mal formadas o sin maclas.

Algunas andesitas presentan cuarzo en fenocristales y en intercrecimientos micrográficos en la matriz. Los fenocristales de cuarzo son anhedrales de formas lobuladas, están limpios y corroídos por la matriz y son de tamaño < 4 mm.

La hornblenda se encuentra en microfenocristales euhedrales a subhedrales, como microcristales en la matriz o como esqueletos completamente reemplazados por epidota; se presentan en cortes basales hexagonales y longitudinales tabulares de tamaños entre 200 µm y 1300 µm, con pleocroísmo X: verde a amarillo pálido, Y: verde a marrón claro y Z: verde oliva a marrón; con frecuentes microfrac-

turas, la hornblenda tiene un ángulo de extinción de 14° y puede tener inclusiones de apatito, opacos y circón.

Los opacos, el apatito y el circón ocurren en microcristales diseminados en la roca.

Riolitas, cuarzolatitas y granitos. Los diques de riolitas, cuarzolatitas y granitos tienen texturas porfídicas, granofídicas y aplíticas granulares; están constituidos por cristales y fenocristales de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y biotita, y como minerales accesorios pueden tener titanita, opacos, apatito y circón. Los minerales de alteración son clorita, sericita, arcilla y esfena.

Los diques de riolita están constituidos por fenocristales de cuarzo, feldespato y plagioclasa, que flotan en una matriz felsítica microgranular, compuesta por un mosaico de cristales anhedrales de cuarzo, plagioclasa, feldespato alcalino y escasas láminas de biotita a manera de nidos, junto con esfena rómbica y opacos. Los fenocristales de cuarzo cuentan con bahías y bordes corroídos por la matriz; el feldespato alcalino se presenta en fenocristales subhedrales con desarrollo de pertitas en forma de parches, y la plagioclasa ocurre en fenocristales euhedrales a subhedrales tabulares.

El dique de cuarzolatita exhibe textura granofídica y porfídica con fenocristales de plagioclasa euhedrales de forma tabular y escasos fenocristales de cuarzo. El feldespato alcalino se presenta intercrecido de manera radial con

cuarzo. La biotita se muestra dispersa en la roca, es de color amarillo pardo y puede tener inclusiones de microcristales de apatito y en los bordes presenta opacos (figura 7).

Los diques de granito aplítico están constituidos por cristales anhedrales a subhedrales de cuarzo, plagioclasa y feldespato alcalino de tipo ortoclasa de tamaños entre 0,2 mm y 1 mm, en arreglo microgranular, además tiene cantidades menores de biotita y trazas de circón, apatito, titanita y opacos (figura 7).

3. Litogeoquímica

La caracterización litogeoquímica del Batolito de Atánquez se realizó a partir de once análisis de rocas del plutón y ocho muestras de diques y cuerpos menores intrusivos que atraviesan los granitoides, nueve de ellas son muestras tomadas en este trabajo (anexo 1) y las diez restantes se tomaron del trabajo de Quandt *et al.* (2018). Los valores de LOI (pérdidas por ignición) en la mayoría de muestras es $< 2,3\%$, valor normal para rocas poco alteradas, únicamente la roca CAS-27-87AL presenta un LOI de 4,98% que sugiere alteración o presencia de carbonatos. Los resultados de óxidos mayores se muestran en la tabla 3.

3.1. Análisis de óxidos mayores

Los valores de SiO_2 en rocas granitoides del Batolito de Atánquez varían entre 60% y 76,3%, la mayoría de ellas presentan valores de SiO_2 alrededor de 68%; los valo-

Tabla 3. Composición de óxidos mayores en rocas granitoides y diques del Batolito de Atánquez

IGM	N.º de campo	W	N	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3\text{T}$	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Mn	LOI
901438	GR-6822	1093370	1686540	68,46	0,47	15,13	3,11	1,34	3,28	4,33	2,73	0,149	385	0,82
901440	GR-6824A	1094918	1685375	69,53	0,42	14,89	2,85	1,15	2,99	4,18	3,05	0,147	427	0,63
901449	GR-6834	1076217	1676725	60,09	1,06	16,4	6,32	2,29	4,95	3,96	3,86	0,433	668	0,32
900982	GR-6755	1087051	1675487	68,9	0,46	15	3,03	1,3	2,87	3,7	3,38	0,144	493	1,02
900983	GR-6756	1082347	1675382	69,89	0,39	15,07	2,67	1,35	2,3	3,94	3,27	0,122	381	0,84
	CAS-27-87BL	1080409	1676480	76,3	0,06	12,7	0,54	0,07	0,52	3,56	5,46	$< 0,01$	0,01	0,8
	EAM-27-134AL	1086701	1676053	68,6	0,43	15,2	2,88	1,21	2,92	4,09	3,09	0,14	0,06	1,2
	JRQ-27-125DL	1087113	1675505	67,3	0,5	15,6	3,33	1,56	3,1	4,31	2,96	0,16	0,06	1
	JRQ-27-130AL	1074577	1679694	67,9	0,46	15,7	3,22	1,16	3,33	3,92	2,76	0,19	0,06	1
	JRQ-27-130BL	1074577	1679694	68,1	0,46	15,4	3,18	1,19	3,31	3,9	2,74	0,19	0,06	1,26
	JRQ-27-131AL	1074771	1678773	69,7	0,36	15,1	2,55	1,23	2,29	4,2	2,65	0,13	0,06	1,43
Rocas de dique														
900984	GR-6757	1081650	1675545	78,43	0,04	11,89	0,68	$< 0,10$	0,61	2,87	5,25	$< 0,024$	42	0,17
901439	GR-6823B	1093692	1686156	62	0,76	15,96	5,39	2,73	3,38	4,39	2,49	0,423	681	2,24
901441	GR-6824B	1094918	1685375	64,39	0,69	15,64	4,56	2,08	3,47	4,39	2,58	0,335	587	1,62
	JRQ-27-131BL	1074771	1678773	60,7	0,71	16,4	6,07	2,4	5,33	3,58	1,79	0,44	0,11	2,13
	CAS-27-84L	1077814	1676206	53,3	0,96	16,8	8,36	3,35	5,29	4,18	1,69	0,62	0,15	4,98
	CAS-27-87AL	1080409	1676480	64,6	0,7	15,8	4,3	1,75	2,94	4,56	2,42	0,33	0,08	2,14
	EAM-27-131BL	1078729	1675305	65,4	0,54	15,6	3,98	1,59	3,35	4,87	2,21	0,28	0,07	2
	EAM-27-134BL	1086701	1676053	68,6	0,42	15,3	2,92	1,22	3	4,23	3,13	0,16	0,06	0,8

Fuente: Quandt *et al.* (2018), y autores.

res de Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 y CaO disminuyen con el aumento de SiO_2 (figura 8); el Na_2O y el K_2O registran valores altos y constantes con el aumento de SiO_2 y el $\text{TiO}_2 < 0,5 \%$, excepto en la muestra GR-6834 que es de 1,06 %. Los contenidos de Al_2O_3 están alrededor de 15 %; el MgO varía entre 1 % y 2 % en todas las rocas, excepto en la muestra CAS-27-87BL que es del 0,07 %; presentan un contenido alto de álcalis ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} > 6,7$), altas razones $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$, excepto la muestra CAS-27-87BL que es de 0,65; el CaO varía entre 2,3 % y 3,4 %, excepto las muestras IGM-900449 y CAS-27-87BL con valores de 4,98 % y 0,52 %, respectivamente (figura 8). Las rocas IGM-900449 (GR-6834) y CAS-27-87BL tienen un comportamiento diferente en los óxidos mayores a las demás rocas.

Para las rocas de dique, el contenido de SiO_2 varía entre 56,3 % y 78,6 %, cifras acordes con la amplia variación composicional. Los diques andesíticos y andesítico

basálticos tienen valores de SiO_2 entre 56,3 % y 62,2 %; mientras que las dacitas, entre 63,52 % y 69,31 %; en los diques de granito la SiO_2 es de 78,6 %. Claramente, los diques se agrupan en al menos tres poblaciones que corresponden químicamente a andesitas, dacitas y granitos-riolitas. Los valores de Al_2O_3 para diques varían entre 17,7 % y 15,4 %; en los diques graníticos, son menores (11,9 %). Los contenidos de Fe_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , MnO y P_2O_5 disminuyen con el aumento de SiO_2 .

Las rocas del Batolito de Atánquez se clasifican químicamente en el límite de los campos de las granodioritas y los granitos de la serie subcalina en el diagrama TAS de Middlemost (1994) (figura 9a); así, la clasificación química muestra concordancia con la clasificación petrográfica. Las muestras GR-6834 y CAS-27-87BL se apartan de la agrupación y caen en los campos de las monzonitas y los granitos respectivamente, esta última roca tiene valores más altos de SiO_2 y álcalis que las otras

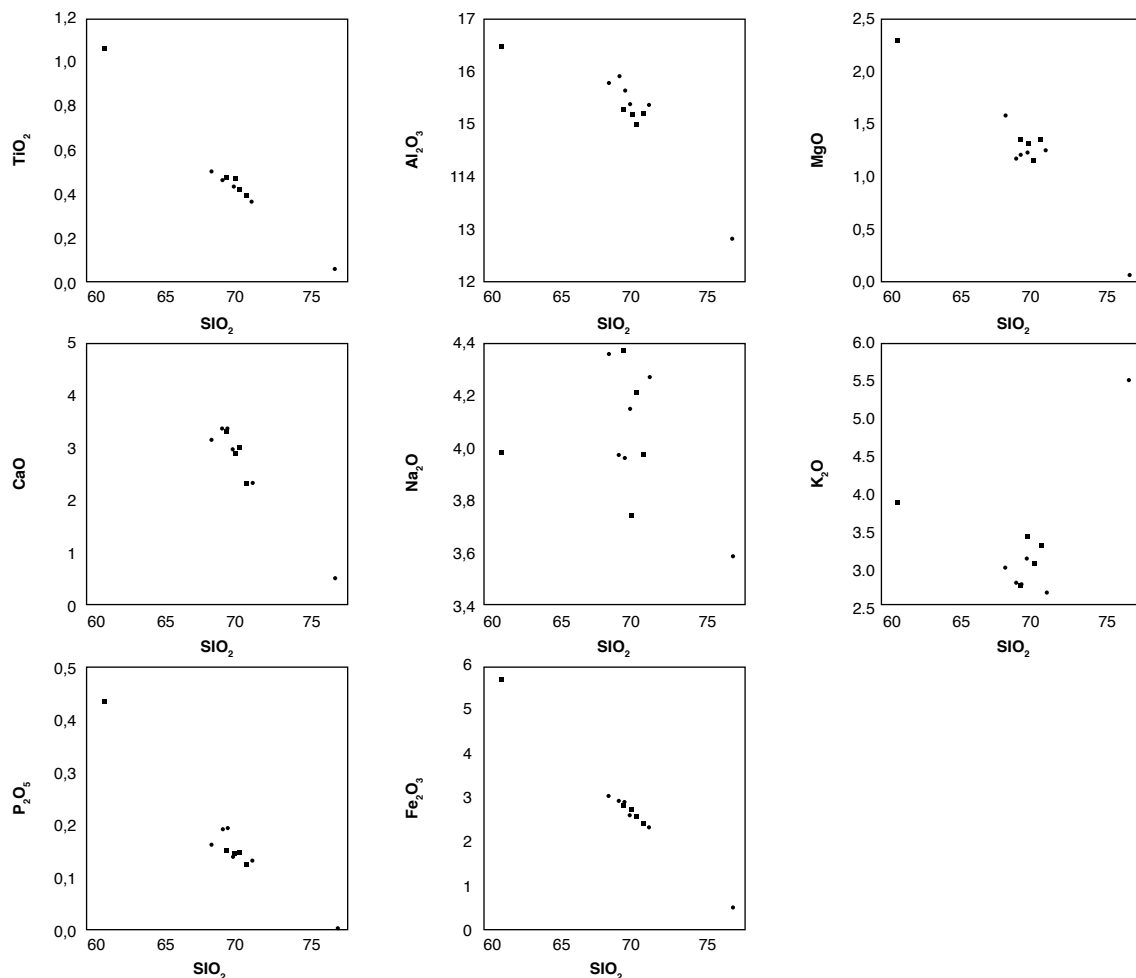


Figura 8. Diagramas tipo Harcker para granitoides correspondientes al Batolito de Atánquez

rocas (figura 9a). Las rocas se grafican en el campo de la serie calcoalcalina, en el diagrama AFM, y en el límite entre las series calcoalcalinas normales y altas en K, en el diagrama K_2O vs SiO_2 , excepto las muestras GR-6834 y CAS-27-87BL que están dentro de la serie shoshonítica con valores más altos de K_2O (figuras 9b y 9c). Las rocas del Batolito de Atánquez presentan valores de CaO/Na_2O entre 0,54 y 0,85, excepto la muestra GR-6834 que da un valor de 1,25; la mayoría de las muestras, gráficamente, se ubican en el campo metaluminoso y algunas alcanzan el campo peraluminoso, con valores de A/NK entre 1 y 2, valores de A/CNK entre 0,8 y 1,1 (figura 9d), que sugieren aporte al magma de material de corteza continental y una moderada diferenciación.

Los diques y cuerpos menores intrusivos del Batolito de Atánquez químicamente se reparten en varios campos: las muestras CAS-27-84L y JRQ-27-131BL caen en los campos de las andesitas basálticas y andesitas; la

muestra IGM-900984 (GR-6757) se clasifica como riolita en el diagrama TAS de Le Bas *et al.* (1986) dentro de la serie subalcalina, con una buena concordancia con la clasificación petrográfica que corresponde a un granito aplítico; las restantes muestras se ubican gráficamente dentro del campo de las dacitas (figura 10a) y fueron clasificadas en la petrografía como latitas y dacitas. La clasificación tanto petrográfica como química indica la presencia de al menos tres eventos de intrusión de diques y cuerpos menores dentro del Batolito de Atánquez, con composiciones mineralógicas y químicas diferentes.

En el diagrama AFM, todos los diques se localizan en el campo de la serie calcoalcalina, lo que muestra una marcada diferenciación entre los diques andesítico basálticos, dacíticos y graníticos. En el diagrama de SiO_2 vs. K_2O (Peccerillo y Taylor, 1976) se reparten entre las series calcoalcalina y calcoalcalina alta en K (figuras 10b y 10c). La mayoría de diques son metaluminosos y solo dos ro-

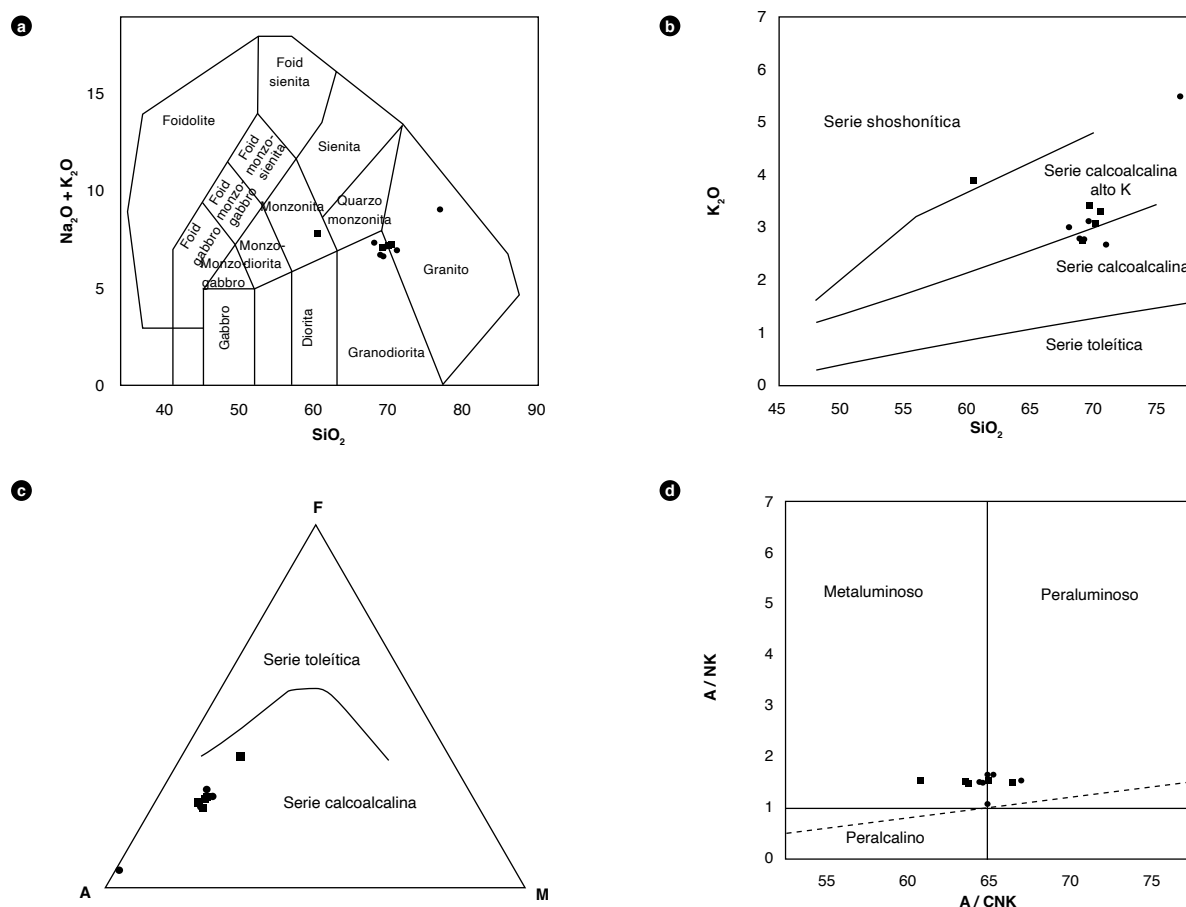


Figura 9. Diagramas de clasificación para rocas del Batolito de Atánquez

a) Diagrama TAS de Middlemost (1994); b) diagrama de Peccerillo y Taylor (1976); c) diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971); d) diagrama de Shand (1943).

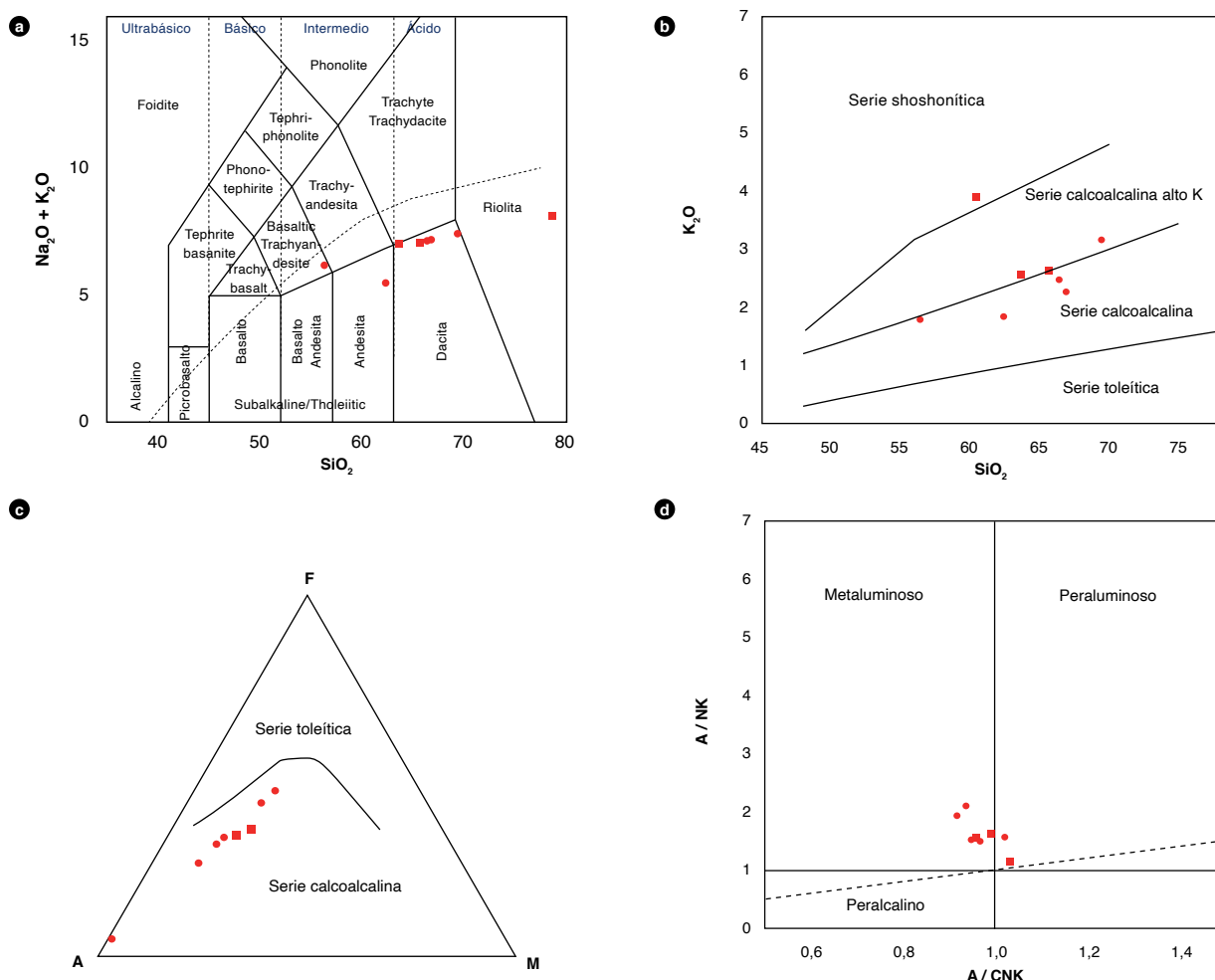


Figura 10. Diagramas de clasificación para diques del Batolito de Atánquez

a) Diagrama TAS de Middlemost (1994); b) diagrama de Peccerillo y Taylor (1976); c) diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971); d) diagrama de Shand (1943).

cas (IGM-900984- GR-6757 y CAS-27-87AL) alcanzan el campo peraluminoso, con valores de A/NK entre 1 y 2,1, valores de A/CNK entre 0,9 y 1,05 (figura 10d).

3.2. Análisis de elementos trazas

En la tabla 4 se resumen los resultados de los análisis químicos de elementos traza y tierras raras para rocas del Batolito de Atánquez, diques y cuerpos menores que atraviesan el plutón.

El diagrama de elementos de las tierras raras (REE) normalizado a condrito, según los valores de Nakamura (1974), muestra para rocas granitoides del Batolito de Atánquez, al menos tres patrones diferentes de REE, los cuales podrían sugerir diferentes eventos o pulsos magmáticos a nivel del mismo plutón (figura 11a). El comportamiento general de los tres patrones es comparable

a los de rocas generadas en ambientes de subducción por encima de la placa subducida (arco), con enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) y empobrecimiento hacia las tierras raras pesadas (HREE), con anomalía negativa de Eu, para los patrones de las muestras GR-6834 y CAS-27-87BL, probablemente debida a fraccionamiento de la plagioclasa en el magma y relación $(La/Sm)_N > 2,4$ que evidencia un enriquecimiento de tierras raras ligeras con relación a las HREE en todas las muestras.

Al analizar el comportamiento de los REE (figura 11a) se encuentra una relación estrecha entre los diferentes patrones y el contenido de SiO_2 : la muestra GR-6834, clasificada químicamente como monzonita, tiene un patrón con pendiente negativa menos pronunciada que las demás muestras, y más enriquecido en REE con relación al valor del condrito, con mayores contenidos

Tabla 4. Elementos trazas y tierras raras en rocas granitoides y diques del Batolito de Atánquez

N.º de campo	Y	Li	Be	Sc	Ga	As	In	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
GR-6822	30	38,1	2,52	6,13	19,4	1,22	0,032	2,06	1094	29,7	61,7	7,7	24,2	4,8	1,6	4,4	0,630	3,28	0,627
GR-6824A	14	17,0	2,60	6,14	17,8	1,07	0,027	0,66	1090	25,3	54,9	6,7	21,3	4,4	1,5	4,1	0,590	3,03	0,601
GR-6834	30	17,6	3,93	12,06	23,9	3,73	0,063	2,71	1031	40,2	85,5	12,2	43,6	10,2	2,4	9,0	1,356	7,12	1,416
GR-6755	12	9,2	1,7	6,4	19	1,3	0,029	1,3	948	26	50	5,8	19	3,5	1,3	3,5	0,45	2,2	0,45
GR-6756	11	21	2,0	5,0	18	1,1	0,020	2,4	771	26	49	5,2	16	2,7	1,1	2,8	0,34	1,6	0,33
CAS-27-87BL	7,5			1	13			1,4	88	10,5	19,8	2,2	8	1,38	0,17	1,16	0,18	1,18	0,23
EAM-27-134AL	14,1			5	17			1,5	784	34,6	62,8	7,07	24,6	3,87	0,96	2,86	0,46	2,46	0,49
JRQ-27-125DL	13,2			6	16			2,1	759	28,4	51,5	6,06	23,3	3,8	1	2,96	0,48	2,67	0,49
JRQ-27-130AL	16				20				689										
JRQ-27-130BL	15				20				690										
JRQ-27-131AL	15				18				642										
Rocas de dique																			
CAS-27-84L	30				23				493										
JRQ-27-131BL	23				22				510										
GR-6823B	20	43,2	2,93	9,44	20,9	2,48	0,045	0,43	813	38,1	75,9	9,6	27,5	6,3	1,9	5,9	0,801	3,81	0,683
GR-6824B	16	36,2	2,80	10,02	20,7	1,84	0,045	1,13	969	41,6	72,9	9,9	32,6	6,4	2,1	5,7	0,795	3,90	0,745
CAS-27-87AL	21				22				641										
EAM-27-131BL	13,1			7	17			0,4	573	35,4	62,9	7,53	26,7	4,53	1,18	3,3	0,52	2,68	0,46
EAM-27-134BL	15,9			6	18			1,2	776	35,6	64,9	7,44	25,8	4,06	1,01	3,38	0,53	2,83	0,52
GR-6757	8,2	7,8	1,5	1,5	13	0,86	<0,005	1,7	98	10	17	1,9	5,9	1,1	0,19	1,1	0,17	0,92	0,22
N campo	Er	Tm	Yb	Lu	Ti	Pb	Th	U	Nb	Cd	V	Rb	Sr	Zr	Bi	W	Hf	Ta	
GR-6822	1,847	0,246	1,645	0,245	0,527	13,7	7,0	1,42	7	0,11	< 66	73	445	163					
GR-6824A	1,823	0,264	1,751	0,277	0,424	11,9	8,4	1,97	7	<0,08	< 66	65	431	119					
GR-6834	4,266	0,590	3,896	0,584	0,501	16,3	7,8	1,47	15	0,15	129	129	534	421					
GR-6755	1,3	0,17	1,2	0,18	0,57	17	5,9	1,8	8	0,20	44	99	406	154	0,19	47			
GR-6756	1,0	0,14	0,95	0,14	0,47	14	8,3	2,6	8	0,088	33	96	370	149	0,078	63			
CAS-27-87BL	0,76	0,15	1,03	0,17		11,7	34,1	5,7	11		<8	128	34	31			1,7	1,2	
EAM-27-134AL	1,38	0,24	1,39	0,22		3,4	6,3	1,7	9		45	76	444	168			4,5	0,5	
JRQ-27-125DL	1,48	0,22	1,42	0,21		3,3	6,1	1,4	8,5		53	79	492	178			4,7	0,5	
JRQ-27-130AL									15		42	90	383	206					
JRQ-27-130BL									15		51	87	380	211					
JRQ-27-131AL									14		31	74	485	181					
Rocas de dique																			
CAS-27-84L									25		112	51	546	328					
JRQ-27-131BL									21		83	56	392	280					
GR-6823B	1,919	0,239	1,452	0,217	0,619	9,0	6,8	1,56	17	0,23	73	69	441	287					
GR-6824B	2,137	0,274	1,796	0,266	0,716	15,8	9,3	2,24	13	0,33	< 66	73	384	229					
CAS-27-87AL									20		57	64	336	320					
EAM-27-131BL	1,32	0,2	1,22	0,18		1,6	8,8	2,1	13		50	467	371	245			5,8	0,7	
EAM-27-134BL	1,5	0,25	1,62	0,25		3,5	7,5	1,9	8,9		48	81	462	179			4,8	0,8	
GR-6757	0,78	0,14	1,2	0,20	0,48	21	15	4,6	10	<0,08	10	123	42	52	<0,05	73			

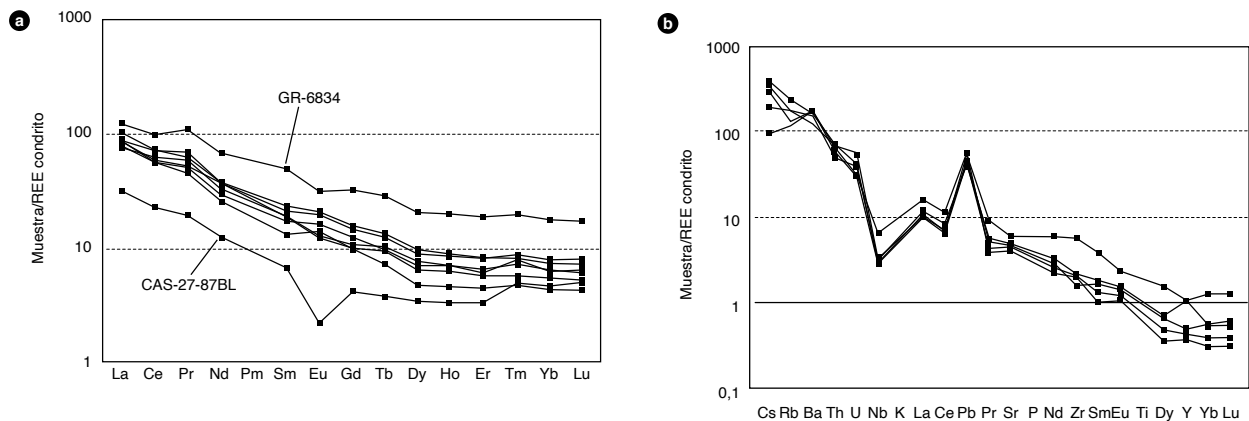
Fuente: Quandt *et al.* (2018), y autores.

Figura 11. Diagramas multielementales para rocas del Batolito de Atánquez

a) Diagrama de REE normalizado respecto al condrito (Nakamura, 1974); b) diagrama multielemental normalizado al N-MORB (Sun y McDonough, 1989).

de LREE, débil anomalía negativa de Eu, relaciones más bajas de $(Ce/Sm)_N$ de 1,98 y $(La/Sm)_N$ de 2,44, sumatoria más alta de REE de 222,44 (tabla 5) y valor de SiO_2 de 60,09 %. El segundo patrón involucra la mayoría de las muestras del batolito: GR-6822, GR-6824A, GR-6755, GR-6756, EAM-27-134AL, JRQ-27-130AL, JRQ-27-125DL, JRQ-27-130BL y JRQ-27-131AL, que corresponden a rocas clasificadas químicamente como granodioritas y granitos, que tienen valores de SiO_2 alrededor de 68 %, presentan un patrón con pendiente negativa, con relación $(Ce/Sm)_N$ entre 2,93 y 3,81 y sumatorias de REE entre 106,86 y 143,4.

El tercer patrón involucra la muestra CAS-27-87BL que corresponden a una roca clasificada químicamente como granito, con el mayor contenido de SiO_2 (76,3 %), la menor ΣREE (46,91), la menor relación $(Eu/Yb)_N$ (0,47) y mayor anomalía negativa de Eu; además, presenta un empobrecimiento progresivo en las tierras raras livianas (LREE) entre La y Er, y un enriquecimiento débil de las tierras raras pesadas (HREE) entre Dy y Lu, que lo diferencia de los demás patrones (figura 11a, tabla 5).

El diagrama multielemental de elementos traza (Sun y McDonough, 1989) se realiza únicamente con las muestras del SGC colectadas en este proyecto. El diagrama muestra anomalía negativa de Nb con respecto al Th y Ce, característica de arcos magmáticos relacionados a ambientes de subducción, con empobrecimiento progresivo hacia los elementos pesados; además, presenta anomalía positiva de Pb (figura 11b). Los mayores valores de los elementos litófilos de alto radio iónico (LILE) Cs, Ba y Th, indican afinidad con corteza continental o movilidad. Los elementos trazas más móviles (LILE) tienen concentraciones mayores que el N-MORB, mientras que los elemen-

tos trazas menos móviles están por debajo del N-MORB. Se observa que el patrón de la muestra GR-6834 (IGM-901449) se aparta del patrón de las demás rocas analizadas, lo que exhibe menor anomalía de Nb y valores más altos de los elementos traza que las otras rocas.

Los diques indican al menos dos patrones diferentes en el diagrama de REE normalizados al condrito de Nakamura (1974), los cuales están estrechamente relacionados con los tipos de roca que representan y el contenido de SiO_2 , con un comportamiento general comparable a rocas generadas en ambientes de subducción por encima de la placa subducida (arco). Los diques presentan enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) y empobrecimiento hacia las tierras raras pesadas (HREE) (figura 12a). Las rocas clasificadas químicamente como dacita, correspondientes a las muestras EAM-27-131BL, EAM-27-134BL, GR-6823B y GR-6824B, tienen un patrón comparable entre ellas, con enriquecimiento de LREE que progresivamente se empobrece hacia las HREE, similar a rocas generadas en ambiente de arco. La muestra IGM-900984 (GR-6757) clasificada como granito aplítico y que químicamente se ubica en el campo de los granitos, tiene un patrón diferente, con anomalía negativa de Eu, empobrecimiento progresivo en las tierras raras livianas (LREE) entre La y Dy, y un enriquecimiento débil de las tierras raras pesadas (HREE) entre Dy y Lu, que la diferencia de los demás patrones (figura 12a). El dique GR-6757 presenta mayor contenido de SiO_2 (78,43 %), la menor sumatorias de REE (40,96), la menor relación $(Eu/Yb)_N$ (0,46), (tabla 5) siendo el patrón y los valores normalizados de las REE comparables al de la roca CAS-27-87BL (figura 12a), lo que sugiere que ambas rocas pueden corresponder a un mismo pulso magmático.

Tabla 5. Valores normalizados de REE según el condrito de Nakamura (1974) para rocas y diques del Batolito de Atánquez

Muestra	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Ce/Yb) _N	(Ce/Sm) _N	(Eu/Yb) _N	Sum_REE
901438	12,05	3,84	9,54	3,04	2,83	142,53
901440	9,61	3,54	7,97	2,93	2,47	126,55
901449	6,88	2,44	5,58	1,98	1,77	222,42
900982	14,49	4,57	10,5	3,32	2,96	115,6
900983	18,11	5,83	13,05	4,2	3,3	106,86
CAS-27-87BL	6,8	4,68	4,89	3,37	0,47	46,91
EAM-27-134AL	16,59	5,5	11,49	3,81	1,97	143,4
JRQ-27-125DL	13,33	4,6	9,22	3,18	2,01	123,99
Rocas de dique						
901439	17,51	3,72	13,3	2,82	3,76	174,44
901441	15,46	3,99	10,32	2,66	3,28	181,12
EAM-27-131BL	19,34	4,81	13,11	3,26	2,76	148,12
EAM-27-134BL	14,65	5,39	10,19	3,75	1,78	149,69
900984	5,75	5,83	3,76	3,81	0,46	40,96

Fuente: autores y Quandt *et al.* (2018)

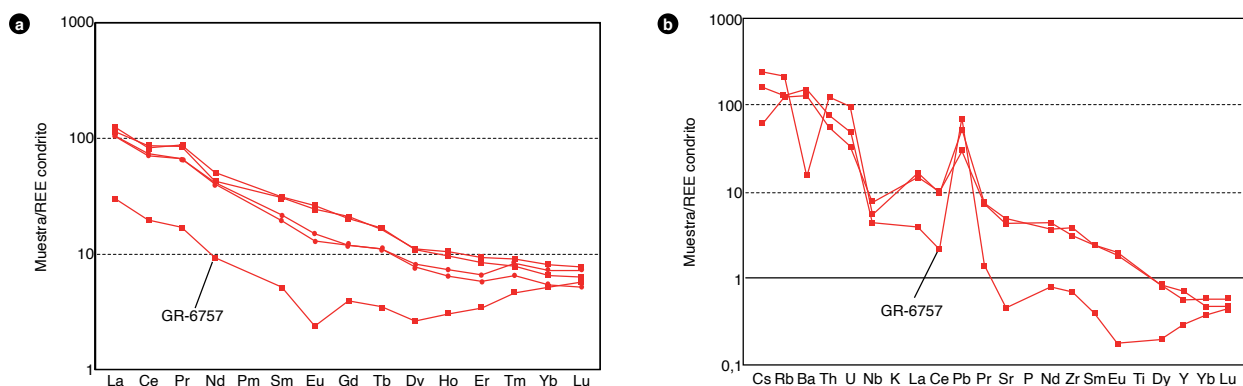


Figura 12. Diagramas multielementales para diques del Batolito de Atánquez
a) Diagrama de REE normalizado respecto al condrito (Nakamura, 1974); b) diagrama multielemental normalizado al NMORB (Sun y McDonough, 1989).

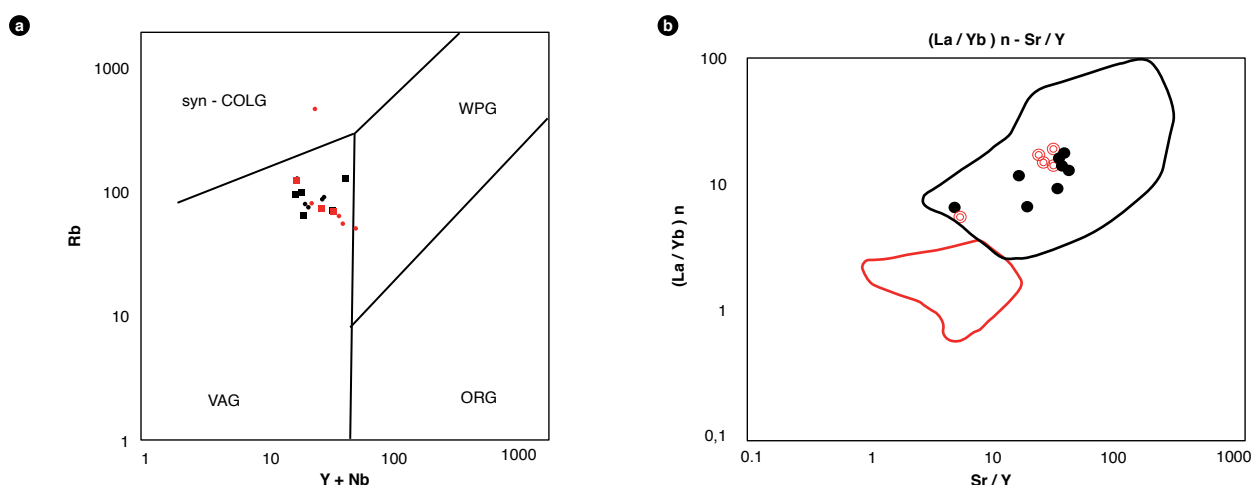


Figura 13. Diagramas de discriminación de ambiente tectónico para rocas (negro) y diques del Batolito de Atánquez (rojo)
a) Diagrama de Pearce *et al.* (1984); b) diagrama de Condie y Kröner (2013).

El diagrama multielemental de tierras raras (Sun y McDonough, 1989) para los diques del Batolito de Atánquez muestra anomalía negativa de Nb con respecto al Th y Ce, presenta anomalía positiva de Pb (figura 12b), signatura geoquímica típica de magmas originados en ambientes tectónicos relacionados a arcos. Los mayores valores de los elementos litófilos de alto radio iónico (LILE) Cs, Ba y Th indican una afinidad de corteza continental (márgenes convergentes), con empobrecimiento progresivo hacia los elementos pesados. Los elementos trazas más móviles (LILE) tienen concentraciones mayores que el N-MORB, mientras que los elementos trazas menos móviles están por debajo del N-MORB. La roca GR-6757 muestra un valor anormal de Ba (98 ppm), lo que sugiere que se trata de un error en el reporte, y genera una anomalía negativa de Ba. El patrón de la muestra GR-6757 se aparta del patrón de los diques analizados.

Los diagramas de elementos trazas y tierras raras exhiben anomalías negativas de Nb para las rocas granitoides y diques, junto con positiva de Pb. El empobrecimiento de Nb se explica por la presencia de rutilo residual que retiene el Nb en la región fuente de la losa subducida y por la baja solubilidad del Nb en los fluidos ricos en agua y en los magmas, ambos generados en las partes someras de las zonas de subducción (Briqueu *et al.*, 1984; Baier *et al.*, 2007).

3.3. Discriminación tectónica

Las rocas y diques del Batolito de Atánquez se localizan en el diagrama de Pearce *et al.* (1984) dentro del campo de los granitos de arco volcánico, como se muestra en la (figura 13a). Únicamente la muestra del dique EAM-27-131 BL se ubica dentro del campo de los granitos sincollisionales.

El diagrama de discriminación geoquímica y ambiente tectónico de Condie y Kröner (2013), muestra distribución similar para las rocas granitoides y los diques del Batolito de Atánquez (figura 13b). Las rocas se localizan en el campo de los arcos continentales.

3.4. Química del circón

Se realizó el análisis de la química de los circones de la muestra GR-6756, perteneciente al Batolito de Atánquez, muestra analizada por espectrometría de masas de acoplamiento inductivo a plasma (LA-ICP-MS), en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El análisis de la muestra GR-6756 determinó la abundancia de los elementos traza en cada circón, los valores de REE se normalizaron al condrito (McDonough y Sun, 1995) y se calcularon las relaciones Pm^* y Tm^* para cada uno de ellos.

En la figura 14a se observa que la mayoría de circones tienen anomalía negativa de Eu moderadamente pronunciada, que según Hoskin y Schaltegger (2003) es una característica de todos los circones de origen ígneo. La anomalía de Eu y la anomalía positiva de Ce sugieren condiciones reducidas del magma (Wang *et al.*, 2012). Para Nardi *et al.* (2013), una fuerte anomalía positiva de Ce suele indicar cristalización en las primeras fases de fraccionamiento magmático, algunos circones muestran enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) que puede sugerir que estos circones se cristalizaron junto con otro mineral enriquecido en los elementos de las LREE.

Para discriminar entre granitoides de tipos I, A y S, Wang *et al.* (2012) indican diferencias en los contenidos

de Pb y Th en circones. Los valores obtenidos en los circones de la muestra GR-6756 para Pb varían entre 3,6 ppm y 14,6 ppm, Th entre 71,7 ppm y 432 ppm, la relación Th/Pb entre 18,07 y 48,98, las concentraciones de Y (551-2690 ppm) son parcialmente comparables a las concentraciones de circones de granitoides (500-4534), con una anomalía negativa de Eu y valores de $(Lu)_N$ en el rango entre 7829 y 685,4 (normalizado al condrito de Sun y McDonough, 1989). Los granitos de tipo I, según Wang *et al.* (2012), presentan contenidos de Pb < 25 ppm, Th entre 34 ppm y 1 746 ppm, Th/Pb de 14 a 130, $(Lu)_N$ entre 1330 y 15574, anomalía negativa de Eu y concentraciones de Y entre 493 ppm y 7833 ppm, comparables a los valores obtenidos en los circones de la muestra GR-6756. En la figura 14b se grafican los contenidos de Pb y Th de los circones de la muestra GR-6756 (diagrama de Wang *et al.*, 2012). Los circones se localizan dentro del campo de los granitos tipo I.

4. Posición estratigráfica y edad

El Batolito de Atánquez presenta contacto con el Batolito de Patillal, y contactos intrusivos con la Granulita de Los Mangos y el Lacolito de Atánquez, el cual le intruye (Colmenares *et al.*, 2007). Está cubierto discordantemente por la Riolita de Golero (Colmenares *et al.*, 2007). Algunas edades reportadas anteriormente para este cuerpo por los métodos K-Ar en hornblenda y U-Pb en circón son asociadas al Jurásico (Tschanz *et al.*, 1974; Quandt *et al.*, 2018) y una edad K-Ar en biotita corresponde al Paleoceno (tabla 6).

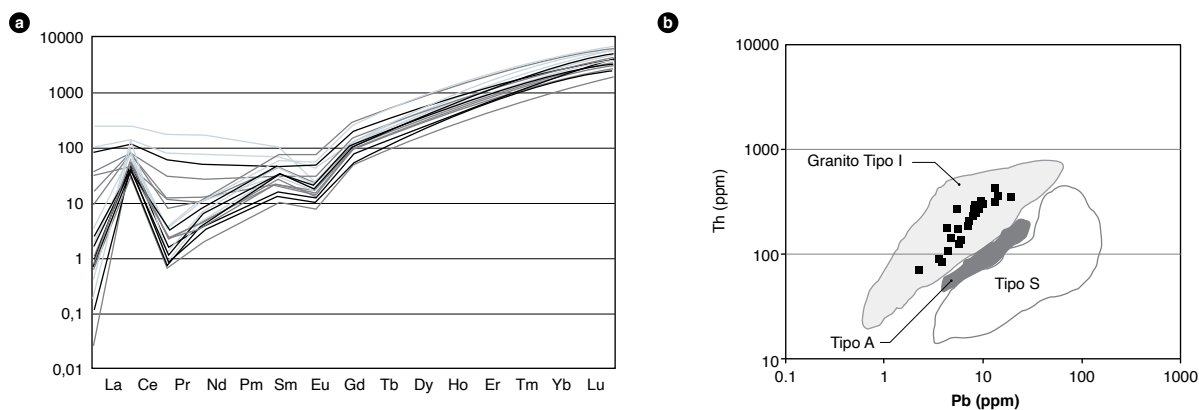


Figura 14. Diagramas de tierras raras y clasificación química a partir de la química del circón de la muestra GR-6756

a) Diagrama REE con valores McDonough y Sun (1995) para valores de REE de circones de la muestra GR-6756; b) diagrama de Th vs. Pb para discriminación de tipo de granitoide modificado de Wang *et al.* (2012).

Tabla 6. Edades Batolito de Atánquez, otros autores

Intrusivos Batolito de Atánquez						
N.º de campo	Este	Norte	Clasificación	Edad U-Pb (Ma)	Método	Autor
EAM-27-132L	1079889	1675256	Granodiorita	185,7 ± 1,0	U-Pb	Quandt <i>et al.</i> (2018)
JRG-27-88AL	1075367	1676799	Monzogranito	191,1 ± 1,4	U-Pb	Quandt <i>et al.</i> (2018)
23	1675405	1079748	Granodiorita	57,3 ± 2,4	K-Ar (biotita)	Tschanz <i>et al.</i> (1974)
23	1675405	1079748	Granodiorita	162±12	K-Ar (hornblenda)	Tschanz <i>et al.</i> (1974)

Fuente: Quandt *et al.* (2018) y Tschanz *et al.* (1974).

Tabla 7. Edades U-Pb para muestras del Batolito de Atánquez

N.º de campo	Oeste (m)	Norte (m)	Clasificación	Edad U-Pb (Ma)	MSWD	Herencias
Batolito de Atánquez						
GR-6822	1093370	1686540	Granodiorita	165,2 ± 1,4	3,1	179,3 ± 3,2 (n=3)
GR-6756	1082347	1675382	Granodiorita	168,3 ± 2,0	3,6	
			Rocas de dique			
GR-6824B	1094918	1685375	Andesita	171,6 ± 1,3	1,6	188 ± 19 (n=3)
GR-6757	1081650	1675545	Granodiorita	173,3 ± 2,6	3,2	

4.1. Geocronología U-Pb en rocas granitoides del Batolito de Atánquez

De las rocas graníticas del Batolito de Atánquez se data-ron por el método U-Pb LA-ICPMS las muestras GR-6756 (IGM-900983), GR-6822 (IGM-901438), GR-6824B (IGM-901441), cuyos resultados se resumen en la tabla 7.

La muestra GR-6822 se clasificó petrográficamente como granodiorita (figura 15a). Los circones anali-

zados son prismáticos cortos achatados, euhedrales, escasos cristales en forma de tallos, prismáticos, de tamaños entre 40 µm y 100 µm, incoloros ligeramente teñidos por óxidos de hierro, presentan en las imágenes de catodoluminiscencia (CL) texturas de zonación concéntrica con núcleos claros homogéneos y bordes concéntricos en tonos de gris claro y oscuro (figura 15b).

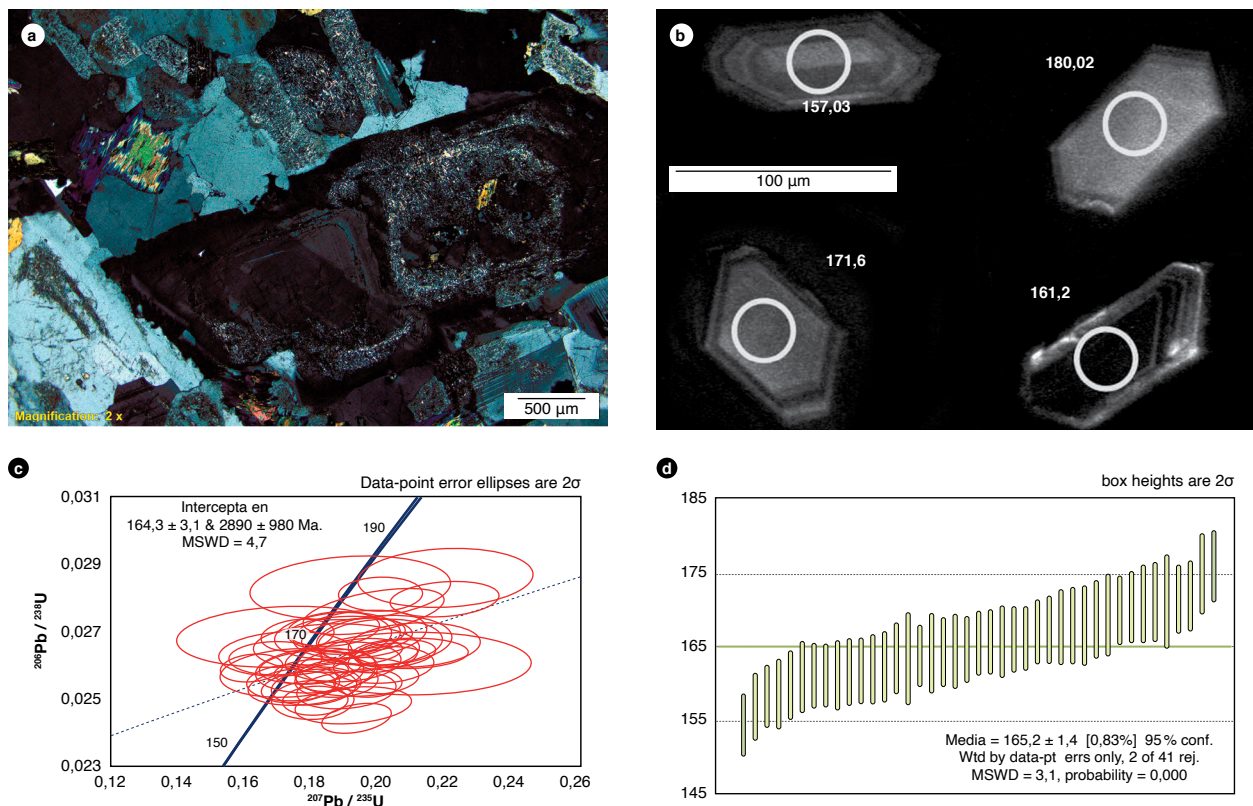


Figura 15. Cálculo de la edad de las muestras GR-6822

a) Aspecto microscópico de la roca; b) imágenes de catodoluminiscencia y edades U-Pb en circones; c) diagrama de concordia; d) diagrama de edad promedio ponderada.

En la muestra GR-6822 se realizaron 51 ablaciones (anexo 1) para un total de 50 circones, de los cuales se tuvieron en cuenta 44 ablaciones ($n = 44$) para la interpretación, luego de aplicar un filtro de los datos para descartar los circones con valores discordantes $> 15\%$ y errores de edad corregida > 4 , con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. Las edades obtenidas y aceptadas varían en un rango entre 154,58 Ma y 180,51 Ma (figura 15c). En el diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar se observa que al reunir la edad de cada circón arroja rangos moderadamente dispersos que se pueden integrar en un valor de edad promedio de $165,4 \pm 1,4$ Ma, con un $MSWD = 3,5$, que sugiere que más de una población de edades se encuentra incluida. Se diferencian dos poblaciones: una primera, con valores entre 180,5 Ma y 178,2 Ma que arrojó una edad promedio ponderada de $179,3 \pm 3,2$, con $MSWD = 0,20$ a partir de tres datos ($n = 3$), que se interpreta como la edad de los antecristales correspondientes a pulsos anteriores, y una segunda población, con valores entre 176 Ma y

154,6 Ma, que arrojó una edad promedio de $165,2 \pm 1,4$ Ma con $MSWD = 3,1$ a partir de 41 datos ($n = 41$), que se considera la edad de cristalización de la roca (figura 15d).

La relación Th-U varía entre 0,43 y 1,8 (anexo 1) que sugiere que los circones se formaron por cristalización ígnea (Rubatto, 2002).

La muestra GR-6756 se clasificó petrográficamente como granodiorita (figura 16a). Los circones analizados son aciculares alargados, con tamaños de alrededor de 300 μm ; así como en formas cortas ovoidales, con terminaciones bipiramidales bien desarrolladas, presentan en las imágenes de catodoluminiscencia (CL) texturas de zonación concéntrica con núcleos homogéneos y bordes concéntricos (figura 16b).

En la muestra GR-6756 se realizaron 35 dataciones (anexo 1) para un total de 35 circones, de los cuales se tuvieron en cuenta 27 dataciones para la interpretación. Las edades obtenidas y aceptadas varían en un rango de edades entre 156,4 Ma y 177 Ma (figura 16c). En el diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar se

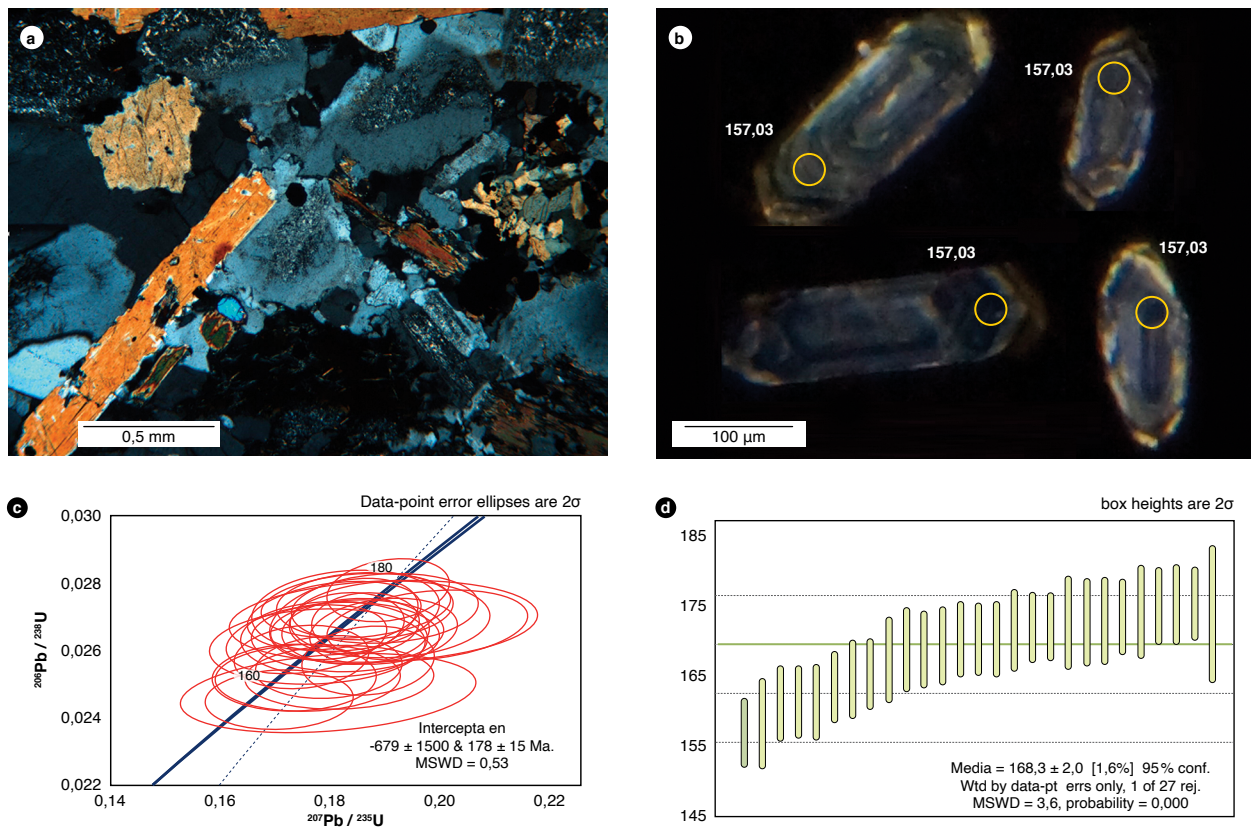


Figura 16. Cálculo de la edad de las muestras GR-6756

a) Aspecto microscópico de la roca; b) imágenes de catodoluminiscencia y edades U-Pb en circones; c) diagrama de concordia; d) diagrama de edad promedio ponderada.

observa que al reunir la edad de cada circón arroja rangos moderadamente dispersos que se pueden integrar en un valor de edad promedia de $168,3 \pm 2,0$ Ma, con un $MSWD = 3,5$, que se interpreta como la edad de cristalización de esta roca (figura 16d).

La relación Th-U para las dataciones aceptadas varía entre 0,51 y 1,4 (anexo 1) que sugiere que los circones se originan por cristalización ígnea (Rubatto, 2002).

4.2. Geocronología U-Pb en rocas de dique y cuerpos subvolcánicos menores del Batolito de Atánquez

Se dató por el método U-Pb LA-ICP-MS en circón las muestras de dique GR-6824B-andesita y GR-6757-monzogranito, cuyos resultados se resumen en la tabla 7.

La muestra GR-6824B se clasificó petrográficamente como andesita (figura 17a). Los circones analizados son prismáticos cortos, en tallos y agujas euhedrales, incoloros con tenue tinte rosado, inequigranulares de tamaños entre 20 μm y 100 μm , presentan en las imágenes de

catodoluminiscencia (CL) texturas de zonación concéntrica con núcleos y bordes concéntricos (figura 17b).

En la muestra GR-6824B se realizaron 45 ablaciones (anexo 1), para un total de 47 circones, de los cuales se tuvieron en cuenta 15 ablaciones para la interpretación. Las edades obtenidas y aceptadas varían en un rango entre 167,16 Ma y 197,5 Ma (figura 17c). En el diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar se observan, al reunir la edad de cada circón, rangos moderadamente dispersos que se pueden integrar en un valor de edad promedia de $171,9 \pm 1,4$ Ma, con un $MSWD = 1,9$, que sugiere que algunos circones podrían ser heredados de pulsos anteriores. De acuerdo, con lo reportado por la función *Unmix Ages* en este conjunto de datos hay dos componentes de edades: uno con edad próxima a los 187,9 Ma y el otro a 171,9 Ma. Una primera población con valores entre 197,6 Ma y 178,4 Ma arrojó una edad promedio ponderada de 188 ± 19 , con $MSWD = 8,8$ a partir de tres datos ($n=3$), que se interpreta como la edad de los antecristales correspondientes a pulsos

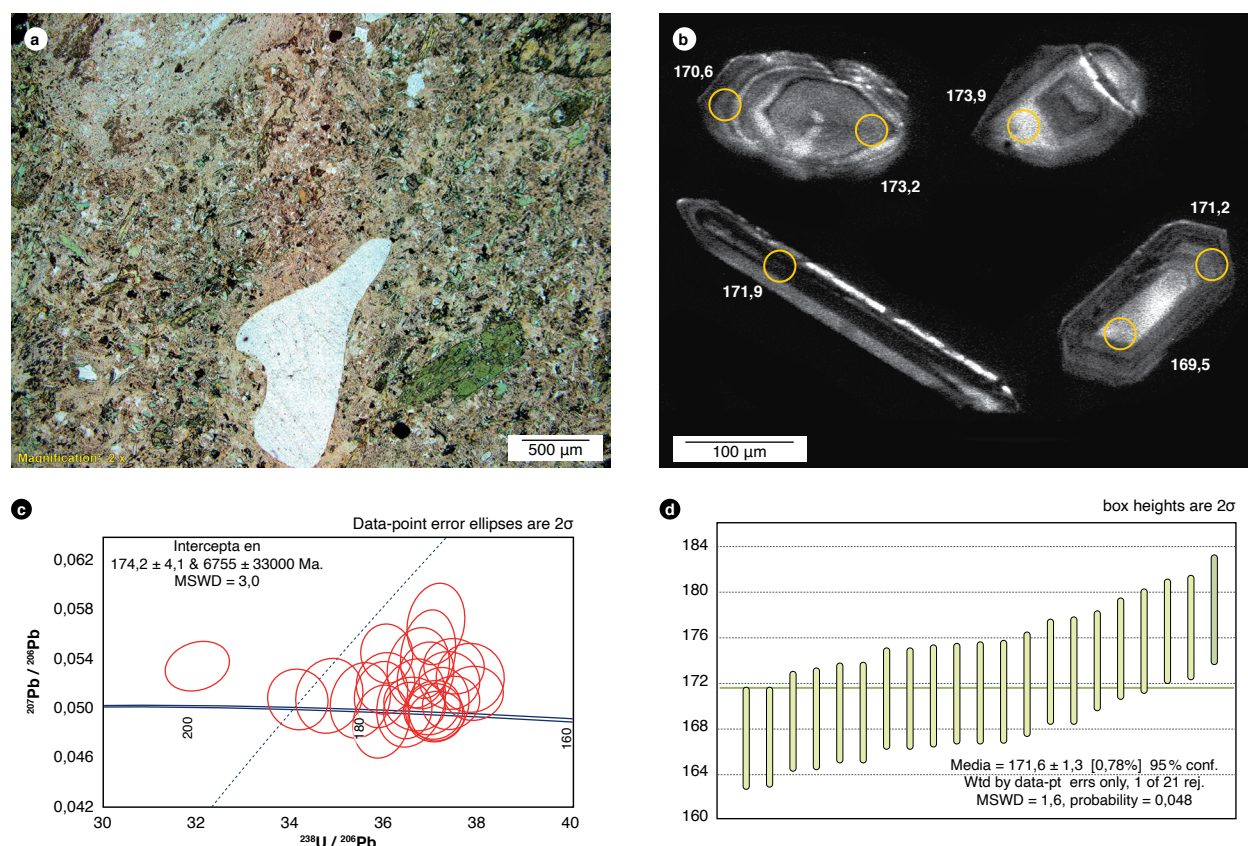


Figura 17. Cálculo de la edad de las muestras GR-6824B

a) Aspecto microscópico de la roca; b) imágenes de catodoluminiscencia y edades U-Pb en circones; c) diagrama de concordia; d) diagrama de edad promedio ponderada.

anteriores y una segunda población con valores entre 178,4 Ma y 167,2 Ma, que arrojó una edad promedio de $171,6 \pm 1,3$ Ma con $\text{MSWD} = 1,6$ a partir de 21 datos ($n=21$), la cual se considera la edad de cristalización de la roca (figura 17d).

La muestra GR-6757 se clasificó petrográficamente como un dique de granodiorita aplítico (figura 18a). Los circones analizados son prismáticos cortos y en tallos eu-hedrales, con tenue tinte rosado, inequigranulares de tamaños entre 80 μm y 180 μm , con tinción de óxidos de hierro. Presentan en las imágenes de catodoluminiscencia (CL) texturas de zonación concéntrica con núcleos y bordes concéntricos (figura 18b).

En la muestra GR-6757 se realizaron 38 ablaciones (anexo 1), para un total de 50 circones, de los cuales se tuvieron en cuenta 24 ablaciones ($n=24$) para la interpretación, luego de aplicar un filtro de los datos para descartar los circones con valores discordantes $> 20\%$ y errores de edad corregida > 4 , con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad. Las edades obtenidas y acepta-

das varían en un rango entre 182,4 Ma y 164,9 Ma (figura 18c). En el diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar se observan, al reunir la edad de cada circón, rangos moderadamente dispersos que se pueden integrar en un valor de edad promedio de $173,3 \pm 2,6$ Ma, con un $\text{MSWD} = 3,2$, que se interpreta como la edad de cristalización de la roca (figura 18d).

5. Correlaciones

Las unidades plutónicas jurásicas de la Sierra Nevada de Santa Marta se correlacionan geocronológica e isotópicamente con las similares de la Alta Guajira, el flanco oriental de la serranía de San Lucas, el Valle Superior del Magdalena y el flanco sureste de la cordillera Central. Además, se consideran que los plutones de estos bloques tuvieron un origen común relacionado al mismo arco, y fueron dispersados a lo largo de la paleomargen suramericana posterior a su cristalización.

El Batolito de Atánquez se correlaciona en la Alta Guajira con la Granodiorita de Ipapure (Radelli, 1960;

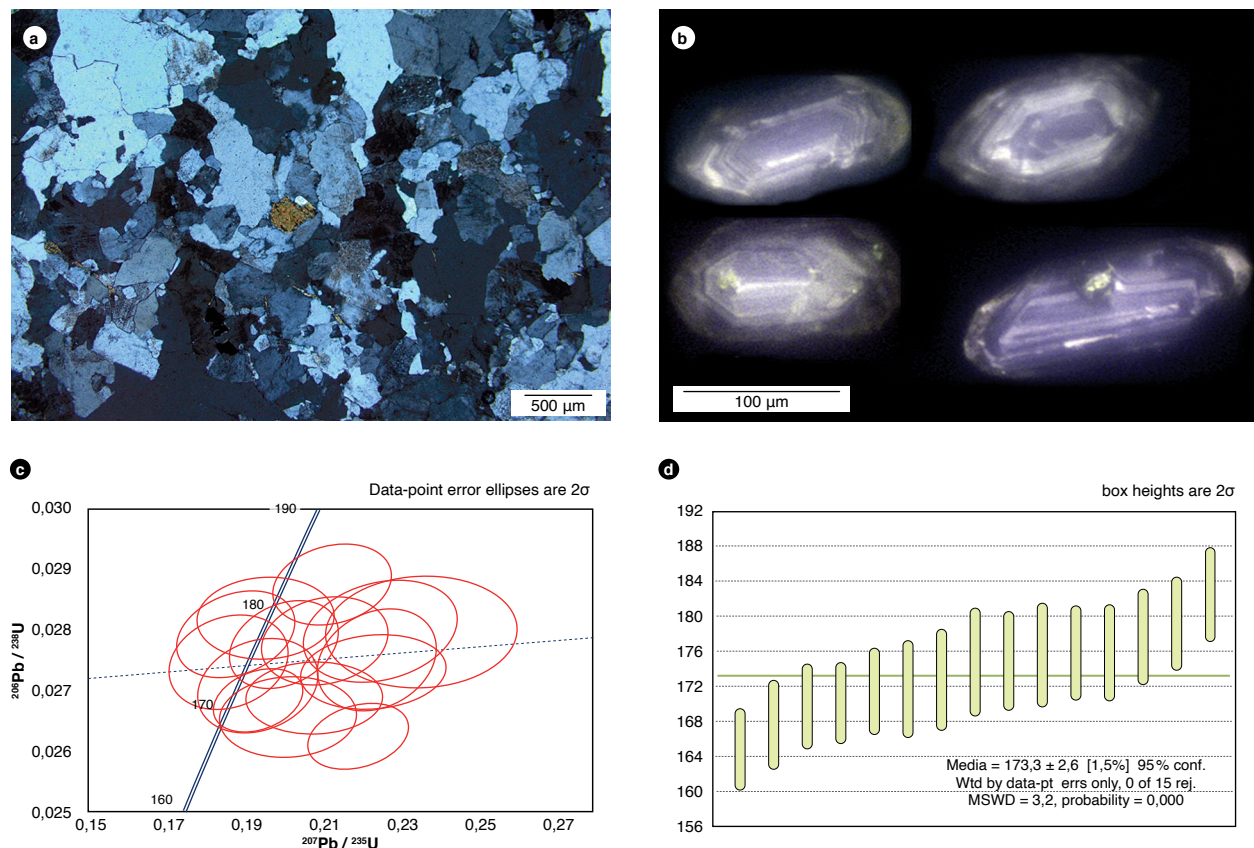


Figura 18. Cálculo de la edad de las muestras GR-6757

a) Aspecto microscópico de la roca; b) imágenes de catodoluminiscencia; c) diagrama de concordia; d) diagrama de edad promedio ponderada.

Rodríguez y Londoño, 2002; Ingeominas y UNAL, 2009); en la Sierra Nevada de Santa Marta con los batolitos de Pueblo Bello, Patillal, Aracataca, Bolívar y Central, la Cuarzomonzonita de Palomino y el Plutón de Nueva Lucha (Tschanz *et al.*, 1969a, 1969b; Colmenares *et al.*, 2007). En el flanco oriental de la serranía de San Lucas, se asocia con las rocas plutónicas de los batolitos de Norosí y Guamocó (Bogotá y Aluja, 1981; Leal Mejía, 2011; González *et al.*, 2015). En el Valle Superior del Magdalena se correlaciona con el Monzogranito de Algeciras (Ferreira *et al.*, 2001, Rodríguez *et al.*, 2022c), la Cuarzolatita de Teruel (Arango *et al.*, 2022c), el Granito de Garzón (Velandia *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2022d), el Monzogranito de Altamira (Arango *et al.*, 2022d), Cuarzomonzonita de Sombrerillo (Bermúdez *et al.*, 2022 y el Monzogranito de Mocoa (Arango *et al.*, 2022e).

Teniendo en cuenta la posición dentro del arco y la edad, el Batolito de Atánquez también se correlaciona en el Valle Superior del Magdalena con algunos pulsos de cristalización de la Cuarzomonzonita de Anchique (Cossio *et al.*, 1994; Arango *et al.*, 2022a), Cuarzomonzonita de San Cayetano (Carvajal *et al.*, 1983; Bermúdez *et al.*, 2022), Cuarzomonzonita de Los Naranjos (Rodríguez y Fuquen, 1989; Velandia *et al.*, 2001, Rodríguez *et al.*, 2022a), Cuarzomonzodiorita del Páez (Zapata *et al.*, 2022), Cuarzomonzodiorita de El Astillero (Velandia *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2022b), y Monzonita de Las Minas (Velandia *et al.*, 2001; Arango *et al.*, 2022b).

6. Localidad tipo

Según Colmenares *et al.* (2007), las mejores exposiciones de este cuerpo se encuentran en la parte noroccidental de la plancha 27, en el camino Patillal-Atánquez-Chemesquemena a Sabana Crespo.

La mejor sección y de fácil acceso al Batolito de Atánquez es a través de la vía entre las inspecciones de policía de Patillal-Atánquez-Guatapurí, en el departamento del Cesar, la cual se propone como sección tipo del plutón, además, se propone como secciones alternativas con buenos afloramientos, el corte de los ríos Candela, Badiño y Pontón.

7. Génesis

El Batolito de Atánquez corresponde a un granito tipo I de la serie calco-alcalina, variando de metaluminoso a peraluminoso. La mineralogía es característica de granitoides tipo I, como son la presencia de cuarzo, feldespato

potásico rosado, plagioclasa, biotita parda, escasa hornblenda y presencia de magnetita, común en plutones altamente diferenciados según Chappell y White (2001); además, exhibe gabarros de rocas ígneas intermedias y subvolcánicas.

Las muestras de este cuerpo intrusivo presentan enriquecimientos de LILE respecto a REE y patrones de elementos trazas con anomalías de Nb-Ti características de granitos originados en una zona de subducción de margen continental.

Los patrones de elementos de las tierras raras (REE), normalizado a condrito según los valores de Nakamura (1974), muestran para rocas granitoides del Batolito de Atánquez, al menos, tres patrones diferentes de REE, los cuales podrían sugerir diferentes eventos o pulsos magmáticos a nivel del mismo plutón, en concordancia con las edades de cristalización de las rocas, sugiriendo que este batolito está conformado por varios pulsos magmáticos que cristalizaron en diferentes momentos, formado en un ambiente de arco que generó cuerpos plutónicos entre 195 Ma y 164 Ma.

El contenido de Ti en la estructura del circón depende de la temperatura, independiente de la presión, y se usa para estimar la temperatura del magma en el momento de la cristalización del circón (Watson *et al.*, 2006; Ferry y Watson, 2007; Siégl *et al.*, 2018); según la fórmula: $T_{Zirc(Ti)} (^{\circ}C) = 5080 / (6,01 \log(Ti \text{ in circón; ppm}) \log(a_{Zirc(Ti)}) - 273$. La temperatura de cristalización del magma se determinó a partir de los resultados químicos de elementos traza en circón de la muestra GR-6556. Se eliminaron los resultados químicos de circones heredados, circones eliminados en la determinación de la edad promedio ponderada de la roca y circones con valores de $Ti > 50 \text{ ppm}$ y $La > 1$, cuyo valor alto puede obedecer a inclusiones en el interior del cristal o a enriquecimiento en fracturas; obteniendo valores de cristalización del circón (T_{Zr}), alrededor de 740 °C (figuras 19a y b) que se considera la temperatura de cristalización de la roca y una segunda población alrededor de 760 que podría corresponder a antecristales (figuras 19a y b).

Quandt *et al.* (2018) sugieren una mayor contribución de manto litosférico y asimilación de la corteza en los magmas de arco en la Sierra Nevada de Santa Marta. Rodríguez *et al.* (2019) consideran que el magmatismo Triásico Jurásico de Colombia está relacionado a tres arcos diferentes, donde el más extenso es el que aparece en el Valle Superior del Magdalena, la serranía de San

Lucas y la Sierra Nevada de Santa Marta, emplazados en basamento Neoproterozoico del terreno chibcha y dispersado posterior a la cristalización a lo largo de la paleo margen suramericana.

8. Recursos minerales

El Batolito de Atánquez por su coloración rosada moteada de blanco y negro podría ser utilizado como roca ornamental. Este plutón en algunos sectores se presenta moderadamente fracturado y la roca inalterada.

Los patrones de REE de los circones de la muestra GR-6756 tienen anomalía positiva de Ce y negativa de Eu, con relación Eu/Eu^* entre 0,391 y 0,551, sugiriendo que es un plutón hidratado y, por tanto, potencialmente fértiles en Cu, que cae en el campo de los magmas fértiles en el diagrama de Lu *et al.* (2016) (figura 20a). Este resultado es concordante con la mineralogía del Batolito de Atánquez que tiene minerales hidratados como biotita.

La relación $\text{Ce}/\sqrt{(\text{U} \times \text{Ti})}$ en el circón fue propuesta como una aproximación al estado de oxidación del magma (Loucks *et al.*, 2020), siendo el magma que generó el Batolito de Atánquez oxidado de acuerdo con los resultados de la química de los circones de la muestra GR-6756, representada en el diagrama de Eu/Eu^* vs. $\text{Ce}/\sqrt{(\text{U} \times \text{Ti})}$, propuesto por Lu *et al.* (2018) (figura 20b), y sugieren que es un plutón potencialmente fértil en Cu.

9. Conclusiones

El Batolito de Atánquez está compuesto principalmente de granodioritas, cuarzomonzonitas y tonalitas con textura general holocristalina hipidiomórfica a alotriomórfica granular; presenta gabarros de andesitas y microdioritas, y está atravesado por diques de andesita, basalto, dacita, riolita, cuarzolatita y granitos.

Las granodioritas, cuarzomonzonitas y tonalitas están constituidas por cuarzo, plagioclasas de tipo oligo-

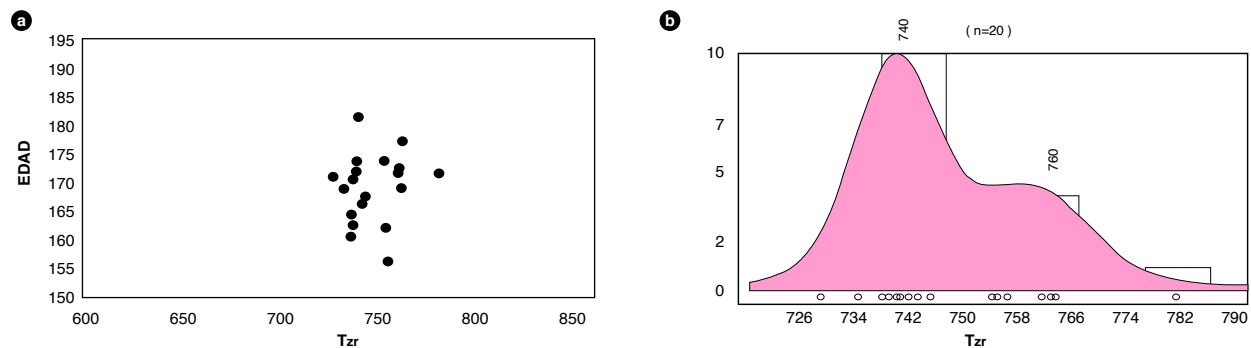


Figura 19. Diagramas de temperatura de cristalización del circón de la muestra GR-6756
a) Diagrama de edad ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) de cada circón vs. temperatura de cristalización de cada circón (T_{zr}); b) histogramas de frecuencia de cristalización de circones.

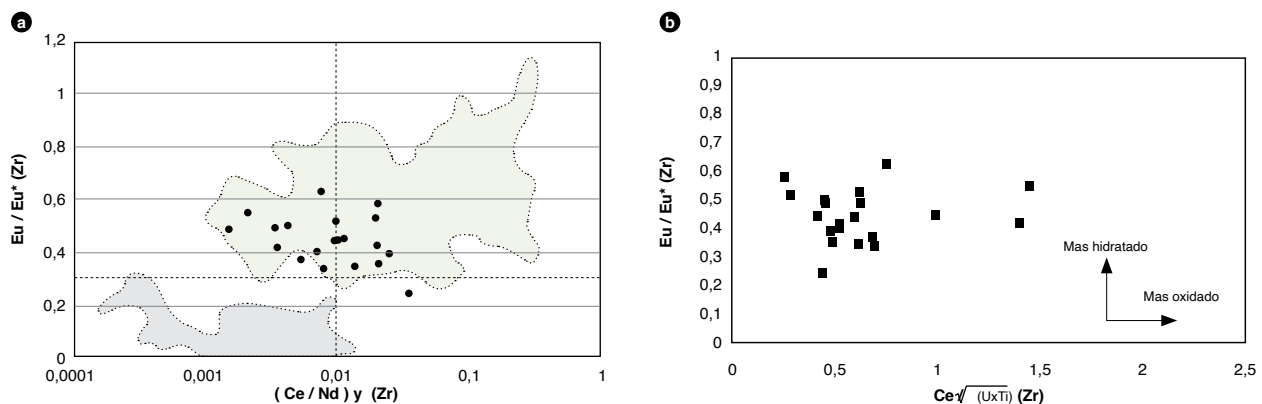


Figura 20. Diagramas de fertilidad de magmas en Cu para circones de la muestra GR-6756 tomada en el Batolito de Atánquez
a) Diagrama de Lu *et al.* (2016), con campos de suites fértiles (en verde claro) e infértiles (en gris). Valores de normalización usados para calcular Eu/Eu^* : los de Sun y McDonough (1989); b) diagrama de Eu/Eu^* vs. $\text{Ce}/\sqrt{(\text{U} \times \text{Ti})}$ en circones, propuesto por Lu *et al.* (2018), para magmas fértiles e infértiles de acuerdo con el grado de hidratación y oxidación de los magmas.

clasa-andesina $An_{13} - An_{36}$, feldespato potásico, biotita, hornblenda, y como minerales accesorios se presentan opacos, circón, apatito, titanita y en algunas rocas allanita, rutilo y clinopiroxeno.

Las rocas del Batolito de Atánquez se clasifican químicamente en el límite de los campos de las granodioritas y los granitos de la serie subalcalina y calcoalcalina normales, y altas en K, son metaluminosas, y algunas alcanzan el campo peraluminoso, formadas en un ambiente de arco de margen continental.

Tanto la litogeoquímica como el contenido de elementos traza de los circones indican que las rocas son granitos tipo I, con anomalía negativa de Nb y empobrecimiento progresivo hacia los elementos pesados, con anomalía positiva de Pb. Los diques muestran dos patrones diferentes en el diagrama de REE normalizados al condrito de Nakamura (1974); con un comportamiento general comparable a rocas generadas en ambientes de subducción por encima de la placa subducida (arco).

Las edades de cristalización U-Pb, en rocas del cuerpo principal, varían en un intervalo amplio de tiempo entre $191,1 \pm 1,4$ Ma y $165,2 \pm 1,4$ Ma, sugiriendo que es un plutón compuesto formado por, al menos, tres pulsos magmáticos alrededor de 195 Ma, 186 Ma y 165 Ma. Los diques de dacita y granodiorita que atraviesan las rocas granitoides reportan edades entre 173 Ma y 171 Ma. La cristalización del Batolito de Atánquez ocurrió alrededor de 740 °C.

El Batolito de Atánquez se correlaciona en la Alta Guajira con la Granodiorita de Ipapure; en la Sierra Nevada de Santa Marta, con los batolitos de Pueblo Bello, Patillal, Aracataca, Bolívar y Central, la Cuarzomonzonita de Palomino y el Plutón de Nueva Lucha; en el flanco oriental de la serranía de San Lucas, con las rocas plutónicas de los batolitos de Norosí y Guamocó, y en el Valle Superior del Magdalena, con el Monzogranito de Algeciras, la Cuarzolatita de Teruel, el Granito de Garzón, el Monzogranito de Altamira, la Cuarzomonzonita de Sombrerillo, el Monzogranito de Mocoa, las cuarzomonzonitas de Anchique, San Cayetano y Los Naranjos, y las cuarzomonzodioritas del Páez y El Astillero, y la Monzonita de Las Minas.

Referencias

Arango, M. I., Rodríguez, G., Bermúdez, J. G. y Zapata, G. (2022a). Cuarzomonzonita de Anchique. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.7>

- Arango, M. I., Rodríguez, G., Bermúdez, J. G. y Zapata, G. (2022b). Monzodiorita de Las Minas. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.4>
- Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022c). Cuarzolatita de Teruel. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.9>
- Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022d). Monzogranito de Altamira. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.12>
- Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022e). Monzogranito de Mocoa. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.1>
- Baier, J., Audetat, A. y Keppler, H. (2007). The origin of negative niobium tantalum anomaly in subduction zone magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, 267(1-2), 290-300. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.11.032>
- Bermúdez, J. G., Arango, M. I., Rodríguez, G. y Zapata, G. (2022). Cuarzomonzonita de San Cayetano. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.8>
- Bogotá, J. y Aluja, J. (1981). Geología de la serranía de San Lucas. *Geología Norandina*, 4, 49-55.
- Briqueu, L., Bougault, H. y Joron, J. L. (1984). Quantification of Nb, Ta, Ti and V anomalies in magmas associated with subduction zones: Petrogenetic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 68(2), 297-308. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(84\)90161-4](https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90161-4)
- Bustamante, C., Cardona, A., Saldarriaga, M., García-Casco, A., Valencia, V. y Weber, M. (2009). Metamorfismo de los esquistos verdes y anfibolitas pertenecientes a los esquistos de Santa Marta (Colombia): ¿Registro de la colisión entre el arco del Caribe y la margen suramericana? *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (25), 7-26.
- Cardona, A., Valencia, V., Garzón, A., Montes, C., Ojeda, G., Ruiz, J. y Weber, M. (2010a). Permian to Triassic I to S-type magmatic switch in the northeast Sierra Nevada de Santa Marta and adjacent regions,

- Colombian Caribbean: tectonic setting and implications within Pangea paleogeography. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4), 772-783. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.12.005>
- Cardona, A., Valencia, V., Bustamante, C., García-Casco, A., Ojeda, G., Ruiz, J. y Weber, M. (2010b). Tectonomagmatic setting and provenance of the Santa Marta Schists, northern Colombia: Insights on the growth and approach of Cretaceous Caribbean oceanic terranes to the South American continent. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4), 784-804. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.08.012>
- Carvajal, C., Fuquen, J. A., Gómez, L. A y Núñez, A. (1983). *Cartografía geológica y prospección geoquímica regional plancha 282-Chaparral*. Memoria. Ingeominas.
- Cediel, F., Shaw, R. P. y Cáceres, C. (2003). Tectonic assembly of the Northern Andean Block. En C. Bartolini, R. T. Buffler y J. Blickwede (eds.), *The circum - Gulf of Mexico and the Caribbean - hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics* (vol. 79, pp. 815-848). The American Association of Petroleum Geologists.
- Colmenares, F., Mesa, A., Roncancio, J., Arciniegas, E., Pedraza, P., Cardona, A., Romero, A., Silva, C., Alvarado, S., Romero, O. y Vargas A. (2007). *Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40 (Internal report N.º PS 025-06)*. Ingeominas, Invemar, Ecopetrol, ICP, Geosearch, Ltda.
- Condie, K. C. y Kröner, A. (2013). The building blocks of continental crust: Evidence for a major change in the tectonic setting of continental growth at the end of the Archean. *Gondwana Research*, 23(2), 394-402. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.09.011>
- Cordani, U. G., Cardona, A., Jiménez, D. M., Liu, D. y Nutman, A. P. (2005). Geochronology of Proterozoic basement inliers in the Colombian Andes: Tectonic history of remnants of a fragmented Grenville belt. En A. P. M. Vaughan, P. T. Leat y R. J. Pankhurst (eds.), *Terrane processes at the margins of Gondwana* (vol. 246, pp. 329-346). The Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2005.246.01.13>
- Cossio, U., Rodríguez, G. y Rodríguez, M. (1994). *Mapa geológico de la plancha 283-Purificación, departamento Tolima. Escala 1:100 000. Con memoria explicativa*. Ingeominas.
- Chappell, B. W. y White, A. J. R. (1974). Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Ferreira, P., Núñez, A. y Rodríguez, M. (2001). *Memoria explicativa levantamiento geológico de la Plancha 323 Neiva*. Ingeominas.
- Ferry, J. y Watson, E. (2007). New thermodynamic models and revised calibrations for the Ti-in-zircon and Zr-in-rutile thermometers. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 154(4), 429-437. <https://doi.org/10.1007/s00410-007-0201-0>
- Geostudios-Ingeominas. (2007). *Análisis de 1100 secciones delgadas de la Sierra Nevada de Santa Marta 11 tomos. 5260 microfotografías de Secciones Delgadas*.
- González, H., Maya, M., Camacho, J., Cardona, O. D. y Vélez, W. (2015). *Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 74-Guaranda*. Servicio Geológico Colombiano.
- Hoskin, P. W. y Schaltegger, U. (2003). The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53(1), 27-62. <https://doi.org/10.2113/0530027>
- Ibáñez Mejía, M., Ruiz, J., Valencia, V. A., Cardona, A., Gehrels, G. E. y Mora, A. R. (2011). The Putumayo Orogen of Amazonia and its implications for Rodinia reconstructions: New U-Pb geochronological insights into the Proterozoic tectonic evolution of northwestern South America. *Precambrian Research*, 191(1-2), 58-77. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2011.09.005>
- Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear (Ingeominas) y Universidad Nacional de Colombia (UNAL). (2009). *Proyecto de investigación: Cartografía e historia geológica de la Alta Guajira, implicaciones en la búsqueda de recursos minerales. Memoria de las planchas 2, 3, 5, y 6 (Con parte de las Planchas 4, 10 y 10bis)*. Acuerdo Específico 030/2006.
- Irvine, T. N. y Baragar, W. R. A. (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
- Kellogg, J. N., Vega, V., Stallings, T. C. y Aiken, C. L. (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from global positioning system geodetic studies and gravity. En *Geologic and Tectonic Development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America*. Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/SPE295-p75>

- Kroonenberg, S. B. (1982). A Grenvillian granulite belt in the Colombian Andes and its relation to the Guiana Shield. *Geologie en Mijnbouw/Netherlands Journal of Geosciences*, 61(4), 325-333.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. y Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27(3), 745-750. <https://doi.org/10.1093/petrology/27.3.745>
- Leal Mejía, H. (2011). *Phanerozoic gold metallogeny in the Colombian Andes: A tectono-magmatic approach* [Tesis de doctorado]. Universitat de Barcelona.
- Loucks, R. R., Fiorentini, M. L. y Henríquez, G. J. (2020). New magmatic oxybarometer using trace elements in zircon. *Journal of Petrology*, 61(3), 1-30. <https://doi.org/10.1093/petrology/egaa034>
- Lu, Y. J., Loucks, R. R., Fiorentini, M. L., McCuaig, T.C., Evans, N. J., Yang, Z. M., Hou, Z. Q., Kirkland, C. L., Parra-Ávila, L. A. y Kobussen, A. (2016). Zircon compositions as a pathfinder for porphyry Cu ± Mo ± Au deposits. En: J. Richards (ed.). *Tectonics and Metallogeny of the Tethyan Orogenic Belt* (pp. 329-347). Vol. 19. Society of Economic Geologists.
- Lu, Y. J., Smithies, R. H., Wingate, M. T. D., Evans, N. J., Morris, P. A., Champion, D. C. y McCuaig, T. C. (2018). Zircon composition as a fertility indicator of Archean granites. En *GSWA 2018 Extended Abstracts: Promoting the Prospectivity of Western Australia* (pp. 18-23). Geological Survey of Western Australia.
- 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. (1994). Naming materials in the 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)
- Montes, C., Guzmán, G., Bayona, G., Cardona, A., Valencia, V. y Jaramillo, C. (2010). Clockwise rotation of the Santa Marta massif and simultaneous Paleogene to Neogene deformation of the Plato-San Jorge and Cesar-Ranchería basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 29(4), 832-848. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2009.07.010>
- Mora Bohórquez, J. A., Ibáñez Mejía, M., Oncken, O., de Freitas, M., Vélez, V., Mesa, A. y Serna, L. (2017). Structure and age of the Lower Magdalena Valley basin basement, northern Colombia: New reflection-seismic and U-Pb-Hf insights into the termination of the central Andes against the Caribbean basin. *Journal of South American Earth Sciences*, 74, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.01.001>
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5), 757-775. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Nardi, L. V. S., Formoso, M. L. L., Müller, I. F., Fontana, E., Jarvis, K. y Lamarão, C. (2013). Zircon/rock partition coefficients of REEs, Y, Th, U, Nb, and Ta in granitic rocks: Uses for provenance and mineral exploration purposes. *Chemical Geology*, 335, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.10.043>
- Ordóñez-Carmona, O., Pimentel, M. M. y De Moraes, R. (2002). Granulitas de Los Mangos: un fragmento grenviliano en la parte SE de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 26(99), 169-179.
- Ordóñez-Carmona, O., Álvarez, J. J. R. 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.
- Pearce, J. A., Harris, N. W. y Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>
- Peccerillo, A. y Taylor, T. 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>
- Piraquive, A. (2017). *Marco estructural deformaciones y exhumación de los esquistos de Santa Marta: la acreción e historia de deformación de un terreno caribeño al norte de la Sierra Nevada de Santa Marta* [Tesis de doctorado]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59885?show=full>
- Quandt D., Trumbull R., Altenberger W., Cardona A., Romer R., Bayona G., Ducea M., Valencia V., Vásquez M., Cortés, E. y Guzmán G. (2018). The geochemistry and geochronology of Early Jurassic igneous rocks from the Sierra Nevada de Santa Marta, NW Colombia, and tectono-magmatic implications *Journal of South American Earth Sciences*, 86, 216-230. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.06.019>

- Radelli, L. (1962). Introducción al estudio de la geología y de la petrografía del Macizo de Santa Marta (Magdalena-Colombia). *Geología Colombiana*, 2, 41-115.
- Ramos, V. A. (2010). Comentario bibliográfico. El continente de Gondwana a través del tiempo: una introducción a la Geología Histórica. *Ameghiniana* 47(2), 262. <https://doi.org/10.5710/AMGH.v47i2.1>
- Rodríguez, G. y Fuquen, J. A. (1989). *Geología y prospección geoquímica de la plancha 302-Aipe (Huila)*. Ingeominas.
- Rodríguez, G. y Londoño, A. C. (2002). *Memoria explicativa del mapa geológico del departamento de La Guajira. Geología, recursos minerales y amenazas potenciales*. Ingeominas.
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Bermúdez, J. G. y Zapata, G. (2022a). Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.6>
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022b). Cuarzomonzodiorita del Astillero. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.5>
- Rodríguez, G., Zapata, G., Arango, M. I. y Bermúdez, J. G. (2022c). Monzogranito de Algeciras. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.10>
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2022d). Granito de Garzón. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.11>
- Rodríguez, G., Correa Martínez, A. M., Zapata, G., Arango, M. I., Obando-Erazo, G., Zapata-Villada, J. P. y Bermúdez, J. G. (2019). Diverse Jurassic magmatic arcs of the Colombian Andes: Constraints from petrography, geochronology, and geochemistry. En J. Gómez y A. O. Pinilla-Pachón (eds.), *The Geology of Colombia. Mesozoic* (vol. 2 pp. 117-170). Publicaciones Geológicas Especiales 36. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/pub.esp.36.2019.04>
- 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*. John Wiley & Sons.
- Siégel, C., Bryan, S. E., Allen, C. M. y Gust, D. A. (2018). Use and abuse of zircon-based thermometers: A critical review and a recommended approach to identify antecrystic zircons. *Earth-Science Reviews*, 176, 87-116. <https://doi.org/10.1016/j.earsci-rev.2017.08.011>
- Streckeisen, A. L. (1976). Classification and nomenclature of plutonic 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 melilite rocks. Recommendations and suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 141, 1-14.
- Sun, S. S. y McDonough, W. F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En A. D. Saunders y M. J. Norry (eds.), *Magmatism in the Ocean Basins* (vol. 42, pp. 313-346). Geological Society of London.
- Taboada, A., Rivera, L. A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J. y Rivera, C. (2000). Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, 19(5), 787-813. <https://doi.org/10.1029/2000TC900004>
- Tschanz, C. M., Jimeno, A. y Cruz, J. (1969a). *Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). Preliminary report*. Ministerio de Minas y Energía, Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas y Mineras y U.S. Geological Survey.
- Tschanz, C. M., Jimeno, A. y Cruz, J. (1969b). *Mapa geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta. Mapa escala 1:200 000*. Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas y Mineras y U.S. Geological Survey.
- Tschanz, C., Marvin, R., Cruz, J., Mehnert, H. y Cebula, E. (1974). Geologic evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta Northeastern Colombia. *GSA Bulletin*, 85(2), 273-284.

- [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1974\)85<273:GEOTSN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1974)85<273:GEOTSN>2.0.CO;2)
- Velandia, F., Núñez, A. y Marquínez, G. (2001). *Mapa geológico departamento del Huila. Escala 1:300 000. Memoria explicativa*. Servicio Geológico Colombiano.
- Wang, Q., Zhu, D.C., Zhao, Z. D., Guan, Q., Zhang, X. Q., Sui, Q. L., Hu, Z. C. 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.jseas.2011.07.027>
- Watson, E. B., Wark, D. A. y Thomas, J. B. (2006). Crystallization thermometers for zircon and rutile. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 151(4), 413-433. <https://doi.org/10.1007/s00410-006-0068-5>
- Zapata, G., Rodríguez, G., Arango, M. I. y Bermúdez, J. G. (2022). Cuarzomonzodiorita de Páez. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Valle Superior del Magdalena*. Vol. 2. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585313194.3>
- Zuluaga, C. y Stowell, H. (2012). Late Cretaceous–Paleocene metamorphic evolution of the Sierra Nevada de Santa Marta: Implications for Caribbean geodynamic evolution. *Journal of South American Earth Sciences*, 34, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.10.001>

Anexos

Anexo1. Edades U-Pb Batolito de Atánquez, muestras GR-6822, GR-6756, GR-6824B, GR-6757

Edades U-Pb del Batolito de Atánquez, muestras GR-6822

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2σ	207Pb/235U	±2σ	206Pb/238U	±2σ	Correlación errores	206Pb/238U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/235U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/206Pb Edad (Ma)	±2σ
GR_6822_01	227,3	163,3	0,7	0,0544	0,0038	0,1910	0,0140	0,0248	0,0005	0,2	157,0	4,6	174,0	12,0	300	130
GR_6822_02	290	225	0,8	0,0717	0,0072	0,3190	0,0430	0,0288	0,0010	0,4	178,0	7,6	245,0	26,0	580	160
GR_6822_03	387,5	279	0,7	0,0455	0,0021	0,1610	0,0075	0,0259	0,0003	0,2	165,8	4,3	151,0	6,6	33	83
GR_6822_04	366	159	0,4	0,0520	0,0026	0,1990	0,0100	0,0281	0,0004	0,1	178,2	4,8	183,2	8,4	267	98
GR_6822_05	203,6	131,1	0,6	0,0504	0,0036	0,1760	0,0130	0,0254	0,0005	0,2	161,3	4,7	163,0	11,0	230	120
GR_6822_06	390	235,8	0,6	0,0510	0,0025	0,1783	0,0088	0,0258	0,0003	0,2	163,9	4,2	165,2	7,6	227	94
GR_6822_07	75	46,4	0,6	0,0494	0,0061	0,1900	0,0240	0,0283	0,0008	0,2	180,0	6,5	171,0	21,0	70	210
GR_6822_08	217,3	212,3	1,0	0,0502	0,0033	0,1730	0,0110	0,0255	0,0004	0,1	162,1	4,7	164,8	9,6	220	120
GR_6822_09	577	654	1,1	0,0545	0,0028	0,1941	0,0099	0,0269	0,0004	0,2	170,1	4,6	178,3	8,5	354	98
GR_6822_10	179	169,4	0,9	0,0567	0,0044	0,2090	0,0160	0,0266	0,0005	0,1	167,8	5,1	191,0	13,0	390	140
GR_6822_11	183,5	195,7	1,1	0,0523	0,0042	0,1900	0,0150	0,0269	0,0004	0,1	170,5	4,8	176,0	12,0	290	150
GR_6822_12	450	608	1,4	0,0726	0,0034	0,2680	0,0120	0,0269	0,0005	0,0	166,0	4,7	241,6	9,3	928	93
GR_6822_13	311,3	320,8	1,0	0,0551	0,0033	0,2000	0,0120	0,0260	0,0005	0,2	164,4	4,7	183,0	10,0	370	120
GR_6822_14	373,5	397	1,1	0,0559	0,0028	0,1980	0,0100	0,0256	0,0004	0,3	161,7	4,6	183,6	8,5	420	98
GR_6822_15	222	216	1,0	0,0662	0,0052	0,2520	0,0200	0,0270	0,0005	0,2	168,2	4,8	224,0	16,0	690	150
GR_6822_16	381	595	1,6	0,0571	0,0032	0,2100	0,0120	0,0264	0,0004	0,0	166,2	4,4	189,1	9,0	400	100
GR_6822_17	325,4	337,4	1,0	0,0515	0,0030	0,1800	0,0110	0,0254	0,0005	0,3	161,1	4,8	170,0	8,9	230	110
GR_6822_18	231,2	154,3	0,7	0,0538	0,0042	0,1920	0,0150	0,0257	0,0005	0,0	162,4	4,8	174,0	13,0	210	130
GR_6822_19	697	508	0,7	0,0552	0,0022	0,1996	0,0086	0,0262	0,0004	0,4	165,6	4,4	184,1	7,2	396	82
GR_6822_20	0	-3E-05	#####	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	#¡VALOR!	#¡VALOR!	no value	NAN	no value	NAN
GR_6822_21	204,8	142,5	0,7	0,0493	0,0036	0,1850	0,0140	0,0269	0,0006	0,2	171,0	5,3	169,0	12,0	140	130
GR_6822_22	603	897	1,5	0,0531	0,0026	0,1934	0,0097	0,0264	0,0003	0,2	167,2	4,3	178,7	8,3	298	92
GR_6822_23	202,1	161,6	0,8	0,0543	0,0042	0,1990	0,0150	0,0267	0,0006	0,1	168,8	5,2	181,0	13,0	310	150
GR_6822_24	149,1	115,6	0,8	0,0527	0,0046	0,1980	0,0180	0,0267	0,0006	0,1	169,4	5,6	182,0	14,0	300	150
GR_6822_25	309	442	1,4	0,0466	0,0031	0,1680	0,0110	0,0262	0,0004	0,0	167,4	4,6	154,8	9,8	100	110
GR_6822_26	176,2	182,1	1,0	0,0475	0,0044	0,1710	0,0160	0,0263	0,0005	0,1	168,0	5,2	158,0	14,0	80	150
GR_6822_27	339	337	1,0	0,0507	0,0033	0,1780	0,0120	0,0259	0,0004	0,2	164,8	4,5	167,2	9,6	240	120
GR_6822_28	447,5	406,8	0,9	0,0562	0,0028	0,2030	0,0100	0,0264	0,0003	0,2	166,3	4,3	187,7	8,8	420	100
GR_6822_29	217,1	212	1,0	0,0517	0,0040	0,1970	0,0170	0,0276	0,0006	0,5	175,0	5,4	176,0	13,0	200	130
GR_6822_30	495	336	0,7	0,0468	0,0023	0,1745	0,0088	0,0269	0,0004	0,2	171,6	4,6	161,9	7,5	62	89
GR_6822_31	89,5	49,9	0,6	0,0471	0,0076	0,1720	0,0270	0,0268	0,0008	0,1	171,2	6,3	156,0	24,0	20	250
GR_6822_32	64,2	41,4	0,6	0,0604	0,0082	0,2090	0,0280	0,0261	0,0008	0,0	163,6	6,2	184,0	24,0	300	240
GR_6822_33	117,5	73,6	0,6	0,0486	0,0052	0,1750	0,0190	0,0258	0,0006	0,2	164,3	5,4	162,0	16,0	130	170
GR_6822_34	344,9	356,5	1,0	0,0504	0,0025	0,1747	0,0088	0,0254	0,0004	0,3	161,2	4,4	162,7	7,7	199	96
GR_6822_35	279	234	0,8	0,0506	0,0030	0,1790	0,0100	0,0250	0,0005	0,0	158,8	4,7	165,5	9,0	200	110

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2σ	207Pb/235U	±2σ	206Pb/238U	±2σ	Correlación errores	206Pb/238U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/235U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/206Pb Edad (Ma)	±2σ
GR_6822_36	726	694	1,0	0,0542	0,0024	0,1950	0,0084	0,0255	0,0004	0,1	161,3	4,3	180,3	7,0	340	86
GR_6822_37	248	206	0,8	0,0510	0,0037	0,1880	0,0140	0,0261	0,0005	0,1	165,8	4,9	173,0	12,0	190	130
GR_6822_38	234	207	0,9	0,0490	0,0037	0,1780	0,0130	0,0258	0,0005	0,1	164,5	5,1	164,0	11,0	120	130
GR_6822_39	591	643	1,1	0,0544	0,0022	0,1921	0,0083	0,0244	0,0004	0,4	154,6	4,2	177,2	7,1	402	85
GR_6822_40	331	221,8	0,7	0,0580	0,0033	0,2220	0,0130	0,0261	0,0004	0,4	164,5	4,6	202,0	11,0	500	110
GR_6822_41	787	782	1,0	0,0516	0,0023	0,1798	0,0077	0,0250	0,0004	0,1	158,5	4,2	167,9	6,7	255	83
GR_6822_42	120,8	187	1,5	0,0525	0,0057	0,1860	0,0200	0,0265	0,0006	0,0	168,0	5,4	173,0	17,0	210	180
GR_6822_43	216	231,8	1,1	0,0496	0,0040	0,1930	0,0160	0,0269	0,0006	0,3	171,2	5,4	178,0	13,0	140	140
GR_6822_44	128,4	90,9	0,7	0,0634	0,0066	0,2290	0,0210	0,0264	0,0006	0,0	164,8	5,5	201,0	17,0	400	170
GR_6822_45	320	376	1,2	0,0528	0,0029	0,1860	0,0100	0,0256	0,0004	0,1	161,9	4,5	172,9	8,6	270	110
GR_6822_46	110	97	0,9	0,0553	0,0053	0,2180	0,0210	0,0286	0,0007	0,1	180,5	6,2	196,0	17,0	360	170
GR_6822_47	296	219	0,7	0,0537	0,0034	0,1890	0,0120	0,0253	0,0005	0,2	160,0	4,7	176,0	10,0	380	120
GR_6822_48	289,1	512	1,8	0,0505	0,0031	0,1850	0,0110	0,0271	0,0004	0,2	172,0	4,8	174,0	9,7	210	110
GR_6822_49	554	348	0,6	0,0528	0,0023	0,1835	0,0080	0,0258	0,0005	0,2	163,6	4,8	171,0	6,8	294	87
GR_6822_50	386	360	0,9	0,0670	0,0039	0,2470	0,0130	0,0282	0,0004	0,0	175,3	4,8	229,0	11,0	780	120
GR_6822_51	200,4	232	1,2	0,0576	0,0033	0,2180	0,0130	0,0280	0,0004	0,2	176,0	4,9	198,0	11,0	460	110

Edades U-Pb del Batolito de Atánquez, muestras GR-6756

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	207Pb/206Pb	±2σ	207Pb/235U	±2σ	206Pb/238U	±2σ	Correlación errores	206Pb/238U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/235U Edad (Ma)	±2σ	207Pb/206Pb Edad (Ma)	±2σ
Zircon-165_GR-6756	170	121	0,71	0,0490	0,0045	0,1780	0,0160	0,0261	0,0009	0,10	166,3	5,8	165	14	100	180
Zircon-166	243	91,2	0,38	0,0491	0,0039	0,1830	0,0140	0,0264	0,0009	0,03	168,2	5,3	170	12	130	170
Zircon-167	385	223	0,58	0,0499	0,0031	0,1710	0,0110	0,0246	0,0007	0,08	156,4	4,7	160	10	230	130
Zircon-168	169	99	0,59	0,0492	0,0039	0,1760	0,0140	0,0252	0,0008	-0,08	160,4	5,1	163	11	220	160
Zircon-169	169	234	1,38	0,0510	0,0039	0,1910	0,0150	0,0270	0,0009	-0,12	171,4	5,9	177	12	220	160
Zircon-170	848	1040	1,23	0,0497	0,0021	0,1867	0,0079	0,0269	0,0007	-0,07	170,8	4,6	173,6	6,7	169	88
Zircon-171	242	139	0,57	0,0537	0,0066	0,1800	0,0220	0,0248	0,0010	0,26	157,7	6,1	173	18	360	240
Zircon-172	308	307	1,00	0,0520	0,0031	0,1900	0,0110	0,0266	0,0008	0,22	169,1	5,1	176,2	9,7	250	130
Zircon-173	95,1	80,5	0,85	0,0592	0,0076	0,2140	0,0270	0,0270	0,0010	0,05	171,8	6,2	199	23	480	260
Zircon-154_1	360	321	0,89	0,0495	0,0033	0,1810	0,0130	0,0271	0,0008	0,29	172,1	5,1	170	11	200	140
Zircon-155_1	334	244	0,73	0,0501	0,0032	0,1750	0,0100	0,0258	0,0008	-0,17	164,4	4,8	163	8,8	170	140
Zircon-156_1	145	84,6	0,58	0,0495	0,0037	0,1830	0,0140	0,0272	0,0010	0,19	172,8	6,3	169	12	130	160
Zircon-157_1	501	432	0,86	0,0512	0,0031	0,1880	0,0120	0,0273	0,0008	-0,19	173,6	5,2	174,2	9,9	210	120
Zircon-158_1	71,1	48,5	0,68	0,0534	0,0068	0,2070	0,0250	0,0285	0,0012	0,10	181,4	7,5	189	21	280	250
Zircon-159_1	222	175	0,79	0,0508	0,0035	0,1850	0,0130	0,0266	0,0008	-0,10	169,1	4,9	176	11	290	160
Zircon-160_1	688	357	0,52	0,0517	0,0022	0,1909	0,0091	0,0278	0,0008	0,26	177,0	4,8	177,1	7,8	265	96
Zircon-161_1	552	365	0,66	0,0546	0,0027	0,1872	0,0098	0,0257	0,0008	0,16	163,7	5,3	174	8,4	360	110
Zircon-162_1	490	319	0,65	0,0506	0,0024	0,1834	0,0085	0,0268	0,0008	-0,11	170,7	4,8	170,8	7,3	200	110
Zircon-163_1	128	92	0,72	0,0537	0,0062	0,1900	0,0230	0,0269	0,0010	-0,16	171,3	6,3	174	20	320	240

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Correlación errores	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Edad (Ma)	±2σ
Zircon-164_1	167	183	1,10	0,0504	0,0043	0,1810	0,0140	0,0264	0,0009	0,02	167,7	5,7	168	12	220	170
Zircon-165_1	178	148	0,83	0,0550	0,0038	0,1980	0,0150	0,0268	0,0009	0,29	170,3	5,5	185	13	350	160
Zircon-166_1	199	123	0,62	0,0942	0,0074	0,3720	0,0280	0,0285	0,0009	-0,10	181,3	5,7	319	20	1470	150
Zircon-167_1	384	269	0,70	0,0544	0,0026	0,1706	0,0084	0,0232	0,0007	0,37	147,7	4,5	159,8	7,2	360	100
Zircon-168_1	80,4	71,7	0,89	0,0607	0,0063	0,2220	0,0230	0,0276	0,0013	0,24	175,3	8,1	206	19	570	220
Zircon-169_1	172	111	0,65	0,0592	0,0064	0,2160	0,0250	0,0261	0,0009	-0,07	166,3	5,8	197	20	550	200
Zircon-170_1	209	278	1,33	0,0654	0,0035	0,2260	0,0160	0,0255	0,0009	0,30	162,3	5,8	207	13	930	110
Zircon-171_1	276	216	0,78	0,0505	0,0031	0,1850	0,0110	0,0266	0,0008	0,12	169,1	5,1	172	10	210	140
Zircon-172_1	317	227	0,72	0,0509	0,0032	0,1740	0,0120	0,0252	0,0008	0,01	160,6	5,1	162	10	260	130
Zircon-173_1	254	201	0,79	0,0483	0,0036	0,1850	0,0140	0,0274	0,0008	0,20	173,9	5,0	171	12	110	160
Zircon-174	413	300	0,73	0,0523	0,0034	0,1800	0,0110	0,0255	0,0008	-0,11	162,6	4,8	167,7	9,4	290	140
Zircon-175	280	188	0,67	0,0486	0,0032	0,1760	0,0120	0,0264	0,0008	0,29	167,7	5,2	164	10	100	140
Zircon-176	271	201	0,74	0,0498	0,0031	0,1830	0,0110	0,0270	0,0010	0,32	171,6	5,9	170,5	9,8	160	130
Zircon-177	268	190	0,71	0,0496	0,0041	0,1890	0,0150	0,0273	0,0009	0,04	173,8	5,4	175	13	200	170
Zircon-178	331	262	0,79	0,0608	0,0044	0,2070	0,0140	0,0249	0,0008	-0,18	158,3	4,8	193	11	580	150
Zircon-179_GR-6756	372	315	0,85	0,0528	0,0039	0,1820	0,0140	0,0252	0,0008	0,04	160,6	4,9	169	12	280	160

Edades U-Pb del Batolito de Atánquez, muestras GR-6824B

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Correlación errores	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Edad (Ma)	±2σ
GR__6824_B_01	5500	344000	62.5	0.0638	0.0033	0.2340	0.0130	0.0271	0.0004	0.5	169.063603	4.583347	209.6	9.6	644	97
GR__6824_B_02	4180	264000	63,2	0,0654	0,0032	0,2540	0,0130	0,0279	0,0004	0,2	174,160997	4,6978	228	10	722	99
GR__6824_B_03	2670	183900	68,9	0,0608	0,0038	0,2380	0,0150	0,0284	0,0004	0,1	178,15946	4,866911	213	11	500	110
GR__6824_B_04	1454	57600	39,6	0,1094	0,0081	0,4380	0,0340	0,0295	0,0006	0,4	173,728296	5,611753	355	23	1660	150
GR__6824_B_05	4200	326000	77,6	0,0537	0,0023	0,1968	0,0083	0,0271	0,0004	0,2	171,225221	4,488106	182,3	7	341	86
GR__6824_B_06	3820	297500	77,9	0,0572	0,0028	0,2110	0,0100	0,0269	0,0004	0,2	169,476765	4,483419	193,1	8,6	439	94
GR__6824_B_07	3680	308000	83,7	0,0565	0,0032	0,2040	0,0120	0,0258	0,0004	0,3	162,495758	4,557301	187	10	440	110
GR__6824_B_08	2660	225000	84,6	0,0551	0,0029	0,2030	0,0110	0,0270	0,0004	0,1	170,675131	4,433035	186,4	8,5	359	95
GR__6824_B_09	2710	209800	77,4	0,0514	0,0031	0,1900	0,0110	0,0273	0,0004	0,1	173,164135	4,832732	177,8	9,3	240	110
GR__6824_B_10	7300	617000	84,5	0,0539	0,0028	0,2000	0,0100	0,0272	0,0004	0,2	171,934961	4,684742	184,7	8,7	340	100
GR__6824_B_11	2910	221000	75,9	0,0590	0,0031	0,2270	0,0130	0,0278	0,0004	0,3	174,514969	4,730688	207	10	520	110
GR__6824_B_12	7210	490000	68,0	0,0585	0,0021	0,2248	0,0078	0,0281	0,0004	0,1	176,806214	4,827519	205,4	6,4	517	77
GR__6824_B_13	7420	512000	69,0	0,0512	0,0021	0,2047	0,0088	0,0293	0,0005	0,4	185,530483	5,057059	188,4	7,5	230	80
GR__6824_B_14	5850	464000	79,3	0,0531	0,0020	0,1925	0,0077	0,0267	0,0004	0,4	168,967859	4,546634	178,7	6,4	303	76
GR__6824_B_15	890	6700	7,5	0,5000	0,1400	7,2000	2,4000	0,0830	0,0190	0,3	237,441813	103,6931	1990	370	4250	690
GR__6824_B_16	5750	441000	76,7	0,0579	0,0025	0,2202	0,0098	0,0278	0,0003	0,2	174,943514	4,532606	202	8,3	488	89

AnalysisName	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σ	Correlación errores	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U Edad (Ma)	±2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb Edad (Ma)	±2σ
GR__6824_B_17	3680	253000	68,8	0,0689	0,0043	0,2690	0,0180	0,0281	0,0005	0,6	174,434215	4,90511	235	14	710	120
GR__6824_B_18	1362	106200	78,0	0,0618	0,0055	0,2240	0,0210	0,0267	0,0005	0,3	167,131331	5,168003	203	17	540	170
GR__6824_B_19	1870	104600	55,9	0,0921	0,0069	0,4050	0,0300	0,0322	0,0006	0,1	193,452812	5,945916	343	22	1290	150
GR__6824_B_20	2232	136800	61,3	0,0632	0,0052	0,2480	0,0200	0,0286	0,0005	0,1	178,797872	5,157144	221	16	620	150
GR__6824_B_21	8770	679000	77,4	0,0502	0,0018	0,1893	0,0073	0,0272	0,0004	0,4	173,045094	4,683157	175,1	6,2	199	72
GR__6824_B_22	5270	395000	75,0	0,0544	0,0020	0,2082	0,0080	0,0277	0,0003	0,3	175,085889	4,478769	192	6,8	371	78
GR__6824_B_23	4170	316000	75,8	0,0502	0,0018	0,1833	0,0065	0,0269	0,0004	0,3	170,966171	4,4955	170,6	5,5	203	68
GR__6824_B_24	9900	513000	51,8	0,0893	0,0042	0,3900	0,0200	0,0319	0,0005	0,6	192,665463	5,387872	329	14	1359	87
GR__6824_B_25	3260	196000	60,1	0,0652	0,0026	0,2550	0,0110	0,0281	0,0004	0,2	175,25598	4,679029	231,4	8,4	771	85
GR__6824_B_26	8880	476000	53,6	0,0972	0,0067	0,4030	0,0310	0,0305	0,0005	0,6	182,206256	5,204973	330	20	1460	140
GR__6824_B_27	4050	312000	77,0	0,0495	0,0018	0,1882	0,0072	0,0274	0,0003	0,2	173,952299	4,436091	176,2	5,9	173	72
GR__6824_B_28	7250	612000	84,4	0,0504	0,0017	0,1859	0,0063	0,0270	0,0004	0,2	171,301546	4,492255	172,9	5,3	209	66
GR__6824_B_29	4540	319000	70,3	0,0521	0,0020	0,1992	0,0082	0,0277	0,0004	0,3	175,715003	4,676154	184,4	7	289	79
GR__6824_B_30	4280	337000	78,7	0,0501	0,0024	0,1865	0,0092	0,0269	0,0004	0,2	170,672383	4,57304	174,8	7,5	219	87
GR__6824_B_31	3410	264000	77,4	0,0514	0,0025	0,1967	0,0098	0,0281	0,0004	0,1	178,446076	4,817816	181,4	8,4	220	94
GR__6824_B_32	8940	713000	79,8	0,0503	0,0019	0,1855	0,0076	0,0269	0,0003	0,3	171,070887	4,434447	173,8	6,4	189	75
GR__6824_B_33	6160	481000	78,1	0,0503	0,0021	0,1963	0,0085	0,0278	0,0004	0,2	176,612977	4,626212	181,2	7,2	216	83
GR__6824_B_34	4490	286000	63,7	0,0502	0,0026	0,2020	0,0100	0,0287	0,0005	0,2	182,111695	5,136835	186,5	8,7	224	94
GR__6824_B_35	3290	223800	68,0	0,0487	0,0024	0,1877	0,0094	0,0278	0,0004	0,2	176,90132	4,640424	173,7	8	142	92
GR__6824_B_36	9640	586000	60,8	0,0526	0,0016	0,2303	0,0074	0,0312	0,0006	0,4	197,557342	5,659714	209,5	6,1	298	65
GR__6824_B_37	128	-0,0833254	0,0	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	#¡VALOR!	#¡VALOR!	no value	NAN	no value	NAN
GR__6824_B_38	4410	321000	72,8	0,0524	0,0023	0,1911	0,0090	0,0264	0,0004	0,3	167,167256	4,557853	176,7	7,7	269	87
GR__6824_B_39	335	26	0,1	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	#¡VALOR!	#¡VALOR!	no value	NAN	no value	NAN
GR__6824_B_40	241	1,6	0,0	no value	NAN	no value	NAN	no value	NAN	NaN	#¡VALOR!	#¡VALOR!	no value	NAN	no value	NAN
GR__6824_B_41	5330	419000	78,6	0,0504	0,0017	0,1861	0,0069	0,0263	0,0004	0,3	167,332607	4,430381	173,4	5,9	222	69
GR__6824_B_42	8800	700000	79,5	0,0563	0,0036	0,2110	0,0150	0,0262	0,0005	0,4	165,227185	4,880898	191	12	420	120
GR__6824_B_43	7080	546000	77,1	0,0503	0,0018	0,1857	0,0066	0,0267	0,0004	0,3	169,432864	4,432547	172,2	5,7	199	72
GR__6824_B_44	3370	255100	75,7	0,0667	0,0038	0,2570	0,0150	0,0278	0,0005	0,4	172,824984	4,830564	229	12	750	110
GR__6824_B_45	6780	542500	80,0	0,0526	0,0017	0,1964	0,0075	0,0266	0,0004	0,4	168,696418	4,482655	181	6,3	308	69

Edades U-Pb del Batolito de Atánquez, muestras GR-6757

Identificación muestra	Relación final Pb 207 _ U 235	Error interno relación final Pb 207 / U 235 a 2 D.E.	Relación final Pb 206 _ U 238	Error interno relación final Pb 206/U 235 a 2 D.E.	Ajuste error de correlación (datos negativos)	Error de correlación Pb 206 _ U 238 vs. Pb 207 _ U 235	Edad corregida Pb 206 _ U 238 (M.A.)	Edad Pb 207 _ U 235 (Ma)	% Discordia	Edad corregida Pb 206 _ U 238 (Ma)	± Error edad corregida (Ma)	Error cor	Aproximación U-238 (ppm)	U/Th
GR_6757_35	1,097	0,035	0,017	0,00043	0,33	0,32705	48,64	752	1446,12	48,64	2,8	5,71	1057	3,95
GR_6757_16	1,006	0,084	0,027	0,00120	0,89	0,89295	125,84	698	454,67	125,84	7,1	5,62	2370	0,80
GR_6757_11	0,774	0,086	0,034	0,00160	0,33	0,32842	185,21	570	207,77	185,21	10,7	5,78	144,4	2,36
GR_6757_28	0,611	0,069	0,032	0,00076	0,84	0,83603	179,70	452	151,54	179,70	6,4	3,54	893	0,79
GR_6757_19	0,39	0,026	0,028	0,00062	0,69	0,68587	166,22	327	96,73	166,22	5,4	3,23	368	1,16
GR_6757_22	0,364	0,021	0,029	0,00052	0,32	0,32038	174,82	311	77,90	174,82	5,0	2,88	240	1,95
GR_6757_7	0,314	0,017	0,026	0,00050	0,56	0,56081	154,32	274	77,55	154,32	4,6	2,97	351	1,10
GR_6757_23	0,379	0,02	0,03	0,00057	0,29	0,28677	182,01	322	76,91	182,01	5,4	2,95	190	1,35
GR_6757_6	0,364	0,041	0,028	0,00059	0,73	0,72951	172,27	303	75,89	172,27	5,5	3,18	544	1,30
GR_6757_4	0,343	0,042	0,027	0,00056	0,75	0,74641	165,09	279	68,99	165,09	5,3	3,21	372	1,85
GR_6757_8	0,317	0,016	0,029	0,00051	0,45	0,45328	176,33	282	59,93	176,33	5,0	2,82	337	1,12
GR_6757_24	0,3	0,036	0,029	0,00084	0,11	0,10828	176,49	259	46,75	176,49	7,0	3,97	72,3	1,69
GR_6757_26	0,284	0,02	0,028	0,00056	0,36	0,36493	173,31	250	44,25	173,31	5,2	3,03	203,4	1,46
GR_6757_32	0,312	0,021	0,03	0,00052	0,63	0,63175	185,92	268	44,15	185,92	5,2	2,81	336	1,34
GR_6757_33	0,295	0,019	0,029	0,00064	0,35	0,34851	180,05	259	43,85	180,05	5,7	3,15	210,8	1,08
GR_6757_17	0,263	0,016	0,027	0,00048	0,28	0,27868	166,24	231	38,95	166,24	4,7	2,85	613	0,51
GR_6757_1	0,262	0,02	0,027	0,00058	0,22	0,22449	167,72	231	37,73	167,72	5,2	3,12	120,9	2,33
GR_6757_13	0,265	0,017	0,028	0,00052	0,11	0,10779	172,25	236	37,01	172,25	5,1	2,95	171,2	0,94
GR_6757_15	0,261	0,013	0,028	0,00047	0,15	0,15432	174,45	233	33,56	174,45	4,9	2,79	471	1,04
GR_6757_20	0,258	0,014	0,028	0,00048	0,33	0,32977	173,91	232	33,40	173,91	4,9	2,80	303,8	1,60
GR_6757_27	0,29	0,014	0,032	0,00086	0,31	0,31082	199,23	261	31,00	199,23	6,8	3,42	423	1,38
GR_6757_36	0,237	0,01	0,027	0,00055	0,26	0,26105	165,92	215	29,76	165,92	5,0	3,04	422	1,22
GR_6757_10	0,249	0,026	0,027	0,00057	0,75	0,75145	169,68	211	24,35	169,68	5,3	3,10	267	1,51
GR_6757_14	0,217	0,011	0,026	0,00044	0,27	0,27317	164,96	196	18,88	164,96	4,6	2,78	504	1,21
GR_6757_12	0,198	0,015	0,027	0,00055	0,07	0,068933	167,77	186	10,86	167,77	5,1	3,03	169,9	1,08
GR_6757_2	0,205	0,015	0,027	0,00048	0,04	0,040133	169,90	191	12,42	169,90	4,8	2,85	149,4	1,25
GR_6757_5	0,1901	0,0098	0,027	0,00043	0,30	0,29996	170,27	177	3,66	170,27	4,6	2,72	294	1,21
GR_6757_3	0,221	0,016	0,027	0,00050	0,12	0,11791	171,61	202	17,71	171,61	4,9	2,88	143,1	1,50
GR_6757_38	0,19	0,013	0,027	0,00064	0,23	0,23109	171,84	176	2,42	171,84	5,5	3,22	216	1,04
GR_6757_18	0,222	0,013	0,028	0,00069	0,21	0,21354	172,87	202	16,85	172,87	5,8	3,35	202	1,34
GR_6757_21	0,234	0,021	0,028	0,00075	0,06	0,060885	174,86	209	19,52	174,86	6,1	3,51	85,9	1,73
GR_6757_34	0,182	0,013	0,027	0,00064	0,23	0,22564	174,99	173	-1,14	174,99	5,6	3,21	204	1,05
GR_6757_37	0,223	0,017	0,028	0,00069	0,23	0,23423	175,67	202	14,99	175,67	5,9	3,35	146,6	1,29
GR_6757_31	0,197	0,012	0,028	0,00059	0,28	0,2847	175,92	182	3,45	175,92	5,4	3,06	394	0,86
GR_6757_30	0,208	0,014	0,028	0,00060	0,18	0,176	175,93	189	7,43	175,93	5,5	3,10	235,4	0,90
GR_6757_29	0,184	0,013	0,028	0,00059	0,27	0,27458	177,70	171	-3,77	177,70	5,4	3,05	202,6	1,22
GR_6757_25	0,192	0,015	0,028	0,00055	0,05	0,052936	179,20	174	-2,90	179,20	5,3	2,96	159	1,75
GR_6757_9	0,21	0,013	0,029	0,00055	0,21	0,21448	182,46	191	4,68	182,46	5,3	2,93	184	0,80

