

Cuarzomonzodiorita de Los Naranjos

» **Cordillera Central**
Departamentos de Huila y Tolima

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

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Jurásico

Citación: Rodríguez, G., Arango, M. I., Bermúdez, J. G. y Zapata, G. (2022). 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>

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

En este catálogo se redefine el nombre del cuerpo y se describen las características geológicas de campo, petrográficas, geoquímicas y geocronológicas que permiten interpretar el ambiente de formación del plutón. Se hace una interpretación de su génesis y las posibles correlaciones con otras unidades jurásicas en Colombia.

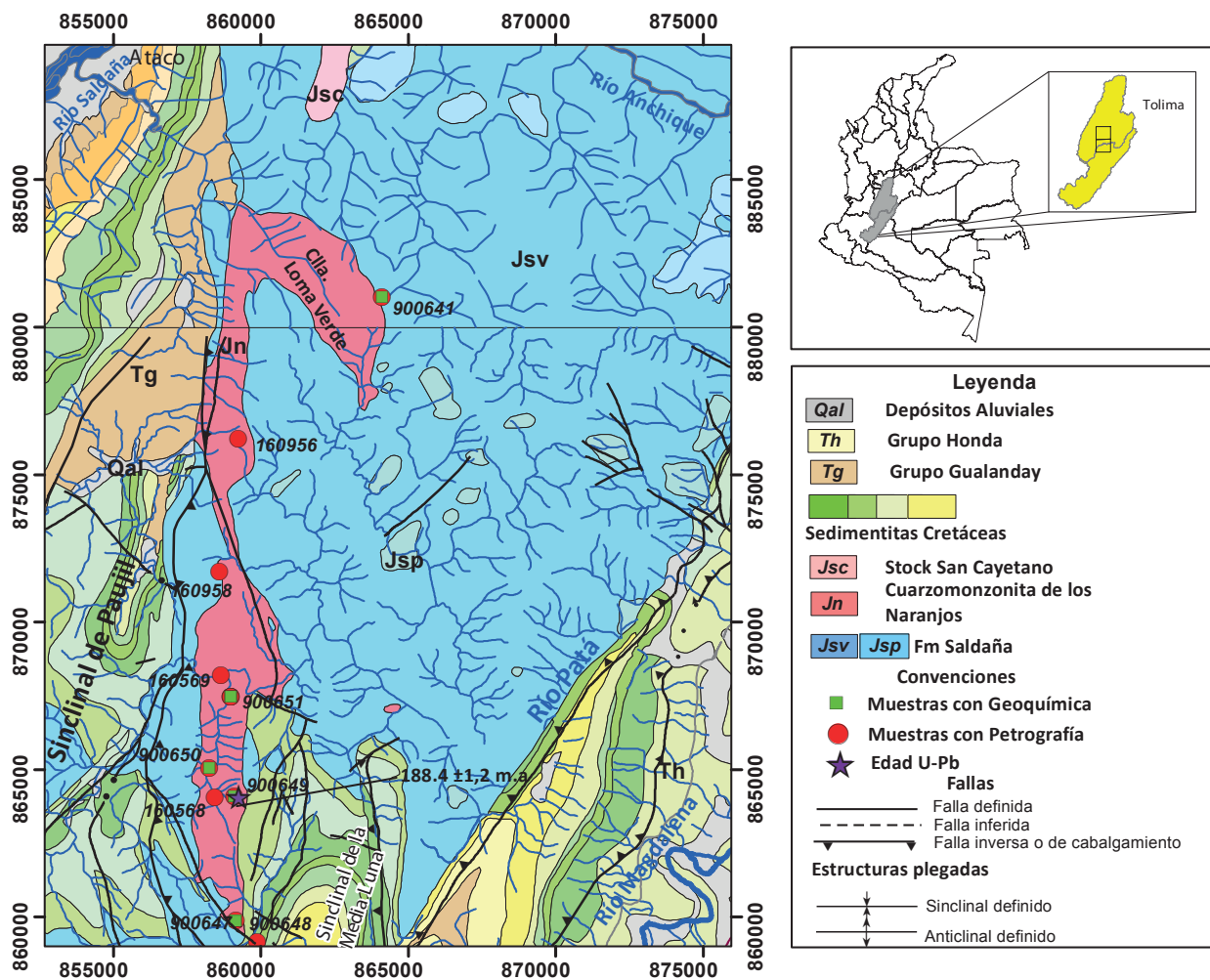


Figura 1. Localización y muestreo de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos
Fuente: cartografía tomada de las planchas 282 (Carvajal *et al.*, 1993) y 302 (Fuquen *et al.*, 2003).

1. Proponente del nombre

Gabriel Rodríguez, José Gilberto Bermúdez, Gilberto Zapata y María Isabel Arango, en este trabajo.

2. Proveniencia del nombre y distribución geográfica

Este cuerpo tomó su nombre de la quebrada Los Naranjos, situada al occidente del municipio de Aipe (Huila), en la Plancha 302. El cuerpo tiene forma irregular elongada con dirección de su eje mayor norte-sur. Presenta una extensión aproximada de 25 km de largo y un ancho promedio de 1,5 km, con un área de afloramiento de 47 km². Se extiende desde la Cuchilla Loma Verde, en la Plancha 282 Chaparral, hasta la quebrada Timbilla, al sur, en la Plancha 302, municipio de Aipe (Huila), y aflora la mayor parte del cuerpo en esta última plancha (figura 1).

3. Reseña histórica

La Cuarzomonzonita de Los Naranjos fue denominada inicialmente *Stock Los Naranjos* (Rodríguez y Fuquen, 1989; Fuquen *et al.* 2003) en la memoria y mapa original de la Plancha 302 Aipe, escala 1:100.000. Posteriormente, la memoria se corrigió y tomó el nombre asignado para algunos plutones en la Plancha 282 Chaparral a escala 1:100.000, como *Stock de San Cayetano* (Carvajal *et al.* 1993); se agruparon bajo este nombre cuatro cuerpos intrusivos. Velandia *et al.* (2001), en la *Memoria de la geología del departamento del Huila* lo denominan *Cuarzomonzodiorita de Los Naranjos*, de acuerdo con las sugerencias de la International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC) (1987, 1994).

En este trabajo, y con el fin de uniformar la nomenclatura de la unidad (ISSC, 1987), se utiliza el nombre de *Cuarzomonzonita de Los Naranjos*. Dicha denominación parte del hecho de que la mayoría de rocas del cuerpo se clasifican en el campo de las cuarzomonzonitas en el diagrama de Streckeisen (1976), y no en el campo de las cuarzomonzodioritas, como sugiere el nombre propuesto por Velandia *et al.* (2001); además, se conserva el nombre del sitio geográfico de la descripción original de Rodríguez y Fuquen (1989).

4. Descripción geológica

La Cuarzomonzonita de Los Naranjos intruye las rocas volcánicas de la Formación Saldaña, en la cual desarrolla una delgada aureola de contacto y presenta un contacto discordante con la Formación Yaví, al occidente del sinclinal de la Media Luna (Rodríguez y Fuquen, 1989; Carvajal *et al.*, 1993; Fuquen *et al.*, 2003). El plutón está limitado al occidente por la falla La Pava y al este por la falla La Chusma (figura 1).

Fue descrita por Rodríguez y Fuquen (1989) como un cuerpo en el que se reconocen dos facies macroscópicas: hacia los bordes la roca es masiva fanerítica de grano fino a medio, localmente porfirítica, de color rosado moteado de negro y verde, con abundante contenido de feldespato potásico. En la parte central del cuerpo las rocas son de color blanco, moteado de negro a blanco y rosado moteado de negro; faneríticas de grano medio con textura general alotriomórfica granular, ligeramente inequigranular, y la composición dominante es cuarzomonzonita, cuarzomonzodiorita-monzonita, y en menor cantidad se presentan facies graníticas (figura 2).

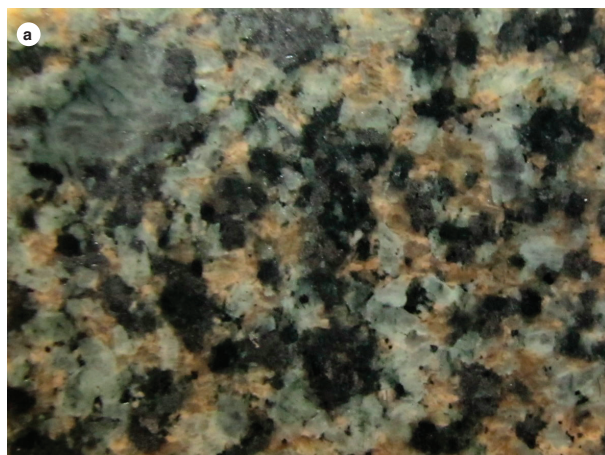


Figura 2. Aspecto macroscópico de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos a) Cuarzomonzonita de color blanco y rosado moteado de negro con textura fanerítica granular. b) Aspecto macroscópico de un sienogranito.

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

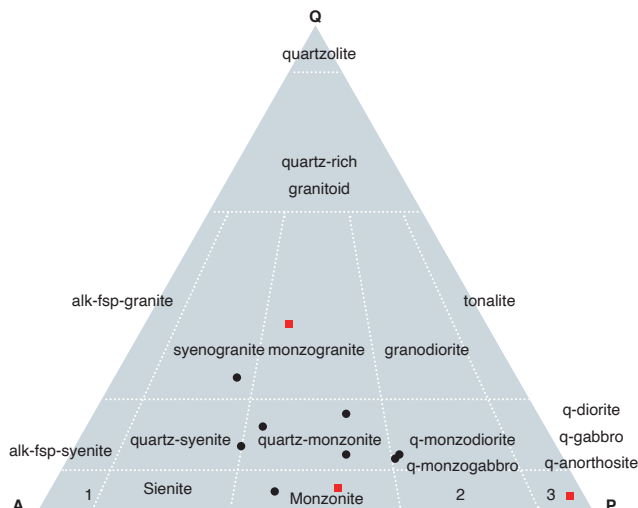


Figura 3. Diagrama de clasificación petrográfica de las rocas plutónicas según Streckeisen (1976) correspondiente a la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En negro, muestras de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, y en rojo, diques que atraviesan el intrusivo.

Tabla 1. Composición mineralógica de las rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos y diques que la atraviesan, de acuerdo con petrografía (porcentaje modal)

IGM	Coordenadas origen Bogotá		Qz	Pl	Kfs	Cpx	Hbl	Bt	Chl	Opq	Ap	Zrn	Ttn	Ep	Otros	Clasificación petrográfica
	N	W														
160958	871700	858600	16	50	30		3	1	Tr	Tr	Tr	Tr?		Tr		Cuarzomonzonita
160569	868200	858650	15	43	34	1	3	4		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr		Cuarzomonzonita biotítica
160568	864050	858450	2	31	41	Tr ?		8	X	3	Tr	Tr		Tr	Cal (15)	Monzonita
160956	876200	859240	7	30	55	3?	2?		X	3	Tr			Tr		Cuarzomonzonita
900647	859877	859156	6	49,2	26	8,4	Tr	Tr	5,2	5,2		Tr	Tr			Cuarzomonzodiorita
900651	867471	858988	22	19,2	43,4		5,6	Tr	1	1		Tr	0,6	7,2		Sienogranito
900641	881021	864106	6,5	42,9	35,7	12,5			Tr	1,8	0,6	Tr		Tr		Cuarzomonzonita
900649	864098	859111	12,4	28	47,6	3,2	1,8	Tr	5,8	1,2	Tr			Tr		Cuarzomonzonita
900650	865053	858259	6,8	46,4	23,6	9,4	5,4	2,8	4,2	1,4	Tr	Tr				Cuarzomonzodiorita
Rocas de dique																
IGM	N	W	Qz	Pl	Kfs	Cpx	Hbl	Bt	Chl	Opq	Ap	Zrn	Ttn	Ep	Otros	Clasificación petrográfica
900648	859156	859877	37,4	25,4	32,4				0,2	Tr	Tr	Tr		4,6		Monzogranito
900652	867471	858988		65,8					Tr	3,4			1	0,6	vidrio (28,8), Cal (0,4)	Andesita
900653	867471	858988	1,6	37,4	29,4	2,8		Tr	15,8	3,2			0,4	6,8	Cal (2,6)	Monzonita

Tr: contenido inferior a 0,1% del mineral

De la Cuarzomonzonita de Los Naranjos se analizaron doce secciones delgadas, incluyendo tres muestras de diques que cortan la unidad, y se añaden cuatro análisis petrográficos tomados de la cartografía de la Plancha 302 (Rodríguez y Fuquen, 1989; Fuquen *et al.*, 2003), cuyos resultados se presentan en la tabla 1, y la clasificación petrográfica según Streckeisen (1976) se muestra en la figura 3.

Cuarzomonzonita, cuarzomonzodiorita y monzonita
Predominan las cuarzomonzonitas sobre las monzonitas y cuarzomonzodioritas, y están constituidas por cuarzo (2% a 16%), generalmente intersticial o inter-

crecido de manera gráfica con feldespato alcalino. La plagioclasa varía entre 28% y 50%; el feldespato alcalino (25% a 48%) corresponde a ortosa desdoblándose a microclina; como minerales ferromagnesianos son frecuentes hornblenda, que puede alcanzar el 5%, la biotita aparece en cantidades menores al 3% y algunas rocas presentan clinopiroxeno en cantidades menores al 10%; como minerales accesorios se encuentran apatito, circón en algunos casos, opacos y titanita. Las rocas tienen textura hipidiomórfica a alotriomórfica granular a inequigranular y frecuentemente muestran intercrecimientos gráficos y desmezclas peritéticas en parches y filoncillos en el feldespato alcalino (figura 4).

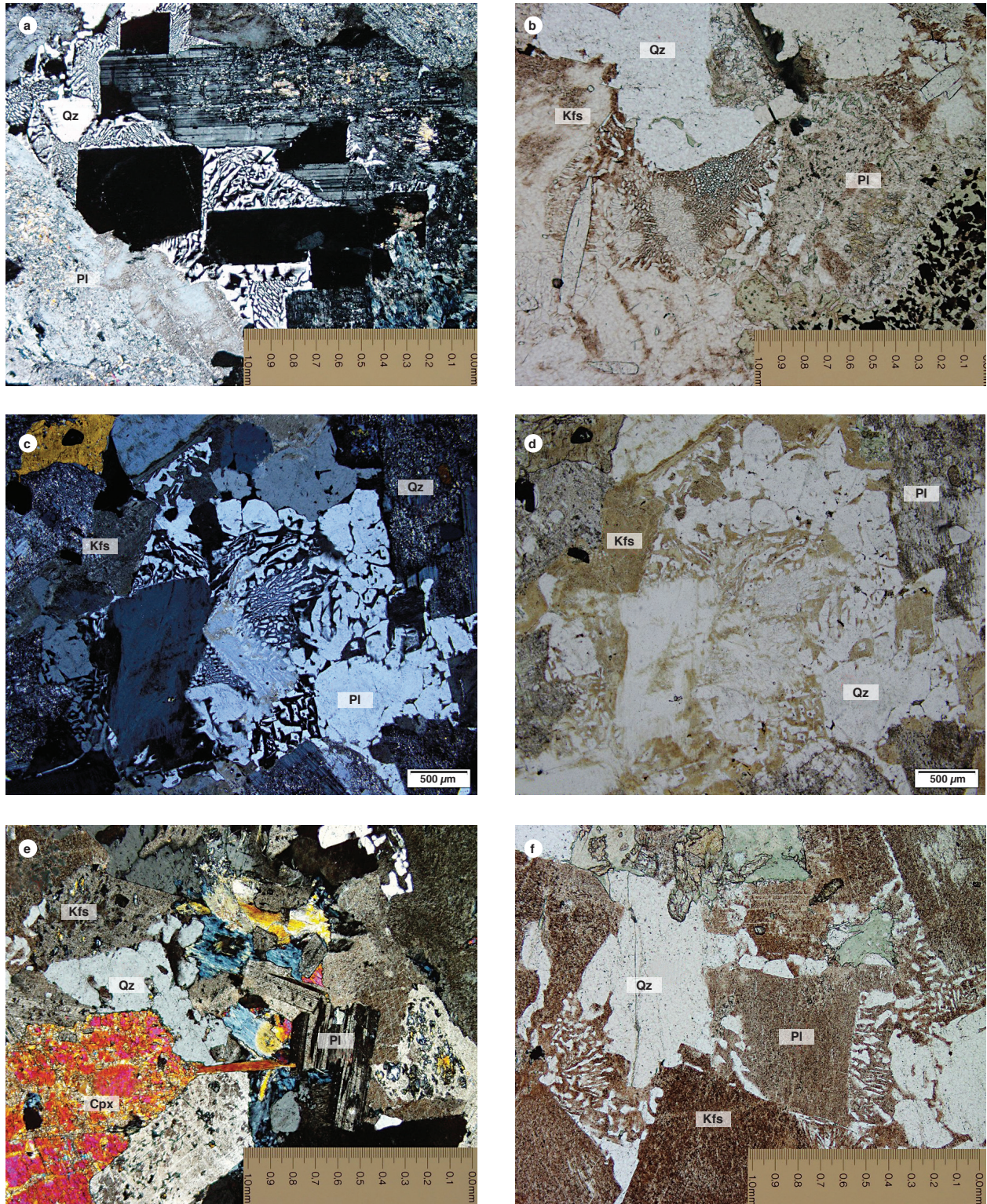


Figura 4. Composición y textura de rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos

a y b) IGM-900647 cuarzomonzodiorita. Cuarzo (Qz) con intercrecimientos gráficos de feldespato alcalino (Kfs), plagioclasa (Pl) alterada a sericita y clorita. c y d) IGM-900641 cuarzomonzonita. Intercrecimiento gráfico entre cuarzo (Qz) y feldespato alcalino (Kfs), junto a cristales de plagioclasa alterada (Pl). e) IGM-900649 cuarzomonzonita. Augita (Cpx), cuarzo (Qz), plagioclasa (Pl), feldespato potásico (Kfs) intercrecido con cuarzo de manera gráfica y f) IGM-900649 cuarzomonzonita. Plagioclasa (Pl) y feldespato (Kfs) con intercrecimientos gráficos con cuarzo a manera de coronas.

El cuarzo se encuentra en cristales anhedrales limpios, generalmente intercrecidos con el feldespato alcalino, desarrolla texturas gráficas, se presenta intersticial entre la red de cristales de feldespato y plagioclasa, con extinción ligeramente ondulatoria, incoloro, de relieve moderado ($n > b$), color de interferencia blanco del primer orden, con inclusiones de polvo, circón y opacos, es de menor tamaño que los minerales principales.

La plagioclasa es de tipo oligoclasa a andesina (An_{26} a An_{47}), se encuentra en cristales anhedrales a subhedrales maclados según albita y albita-carlsbad. En menor proporción aparecen maclas de periclina, que pueden estar alteradas a sericita y saussurita con formación de clorita y epidota secundarias. Presenta inclusiones de apatito, circón y parches de feldespato alcalino.

El feldespato alcalino es ortosa desdoblándose a microclina, y se encuentra en cristales anhedrales con contornos irregulares. Localmente presenta intercrecimientos gráficos con cuarzo, desmezclas peritíticas en parches y filoncillos. Pueden aparecer maclas de microclina en forma de enrejado en algunas rocas. Tiene relieve menor al del bálsamo, se altera a caolín, que les imprime a los cristales un color pardo, a manera de parches, tiene inclusiones de plagioclasa, cuarzo, piroxenos, apatito y opacos.

El clinopiroxeno probablemente corresponde a augita, se presenta en cristales anhedrales de relieve alto y contornos irregulares con colores de interferencia del amarillo del primer orden al azul del segundo orden, algunos con maclas polisintéticas, clivaje bien desarrollado fino. El ángulo de extinción es de 41° . Presenta micro-

fracturas concoideas con magnetita secundaria residual, se altera a minerales del grupo de la serpentinita y esmectita pasando por tonos pardos, hasta ser totalmente remplazado por serpentina verde. Tiene inclusiones de opacos, plagioclasa y apatito.

La hornblenda se encuentra en cristales subhedrales a euhedrales de forma hexagonal, de color marrón con leve pleocroísmo a tonos marrón claro, con colores de interferencia de segundo orden. Presenta inclusiones de cuarzo y está asociada a plagioclasa y cuarzo.

La biotita se encuentra en algunas rocas en cristales de hábito laminar, de color verde con apariencia moteada y cristales corroídos incluidos en plagioclasa, con buena exfoliación. Tiene inclusiones de apatito y puede estar alterada a clorita.

Los opacos se encuentran en cristales finos diseminados en la roca, anhedrales de tamaños menores a 0,2 mm; también se lo halla como mineral secundario residual producto de alteración de los piroxenos.

El apatito se encuentra en cristales finos anhedrales a euhedrales en cortes basales y longitudinales, incluidos en los piroxenos, feldespatos y opacos, de relieve alto ($n > b$), incoloros, con colores de interferencia blancos del primer orden y baja birrefringencia. En algunas rocas alcanza hasta el 1 %.

El circón se presenta en cristales anhedrales a euhedrales alargados de relieve alto con altos colores de interferencia azul y verde del segundo orden. Se encuentra incluido en los feldespatos.

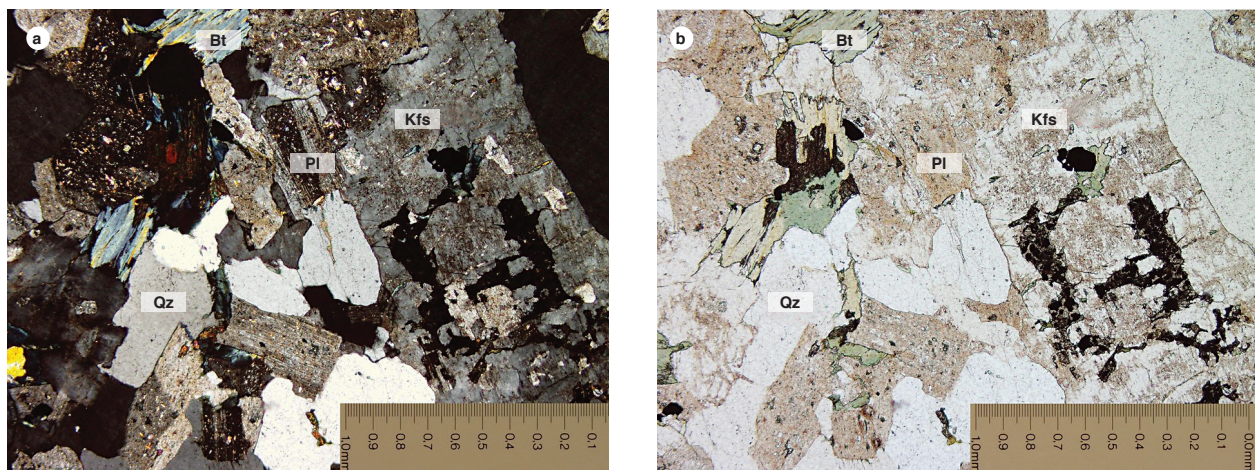


Figura 5. Microfotografía de la muestra IGM-900651 Sienogranito Roca con textura granular constituida por plagioclasa (Pl) empolvada por alteración a arcilla y sericita, cuarzo (Qz) fracturado, feldespato potásico (Kfs) alterándose a caolín con inclusiones de opacos, titanita, epidota y biotita (Bt) cloritizada.

Sienogranitos

Se analizó una sección delgada de sienogranito (tabla 1). Se presenta como una facies local rica en feldespato alcalino y cuarzo. Es una roca fanerítica de grano fino a medio, con textura granular, de color rosado con manchas gris verdosas y moteadas de blanco, compuestas en su mayor parte por feldespato, anfíbol y plagioclasa (figuras 2 y 5).

El feldespato alcalino es ortosa, se encuentra en cristales anhedrales a euhedrales tabulares empolvados por alteración a caolín, sin desarrollo de maclas y con inclusiones de clorita, apatito, titanita y circón.

La plagioclasa es oligoclasa, con relieve menor al del bálsamo, y se halla en cristales euhedrales a subhedrales tabulares, con maclas de albita y albita-carlsbad. Se encuentran alterados a arcilla parda y sericita.

El cuarzo se presenta en cristales subhedrales a intersticiales anhedrales de menor tamaño que los feldespatos, limpios e incoloros.

El mineral máfico principal es biotita en láminas euhedrales a subhedrales parcial a completamente alteradas a clorita de color verde; cuando no está alterada se presenta en colores marrones, pleocroica. Como minerales accesorios son frecuentes apatito, circón, titanita y opacos.

Rocas de dique

De las rocas de dique se analizaron tres secciones delgadas, que se clasificaron petrográficamente como andesita, monzonita y monzogranito (tabla 1, figura 3).

Los diques de andesita cortan las cuarzomonzonitas, son de color gris verdoso oscuro con algunas manchas

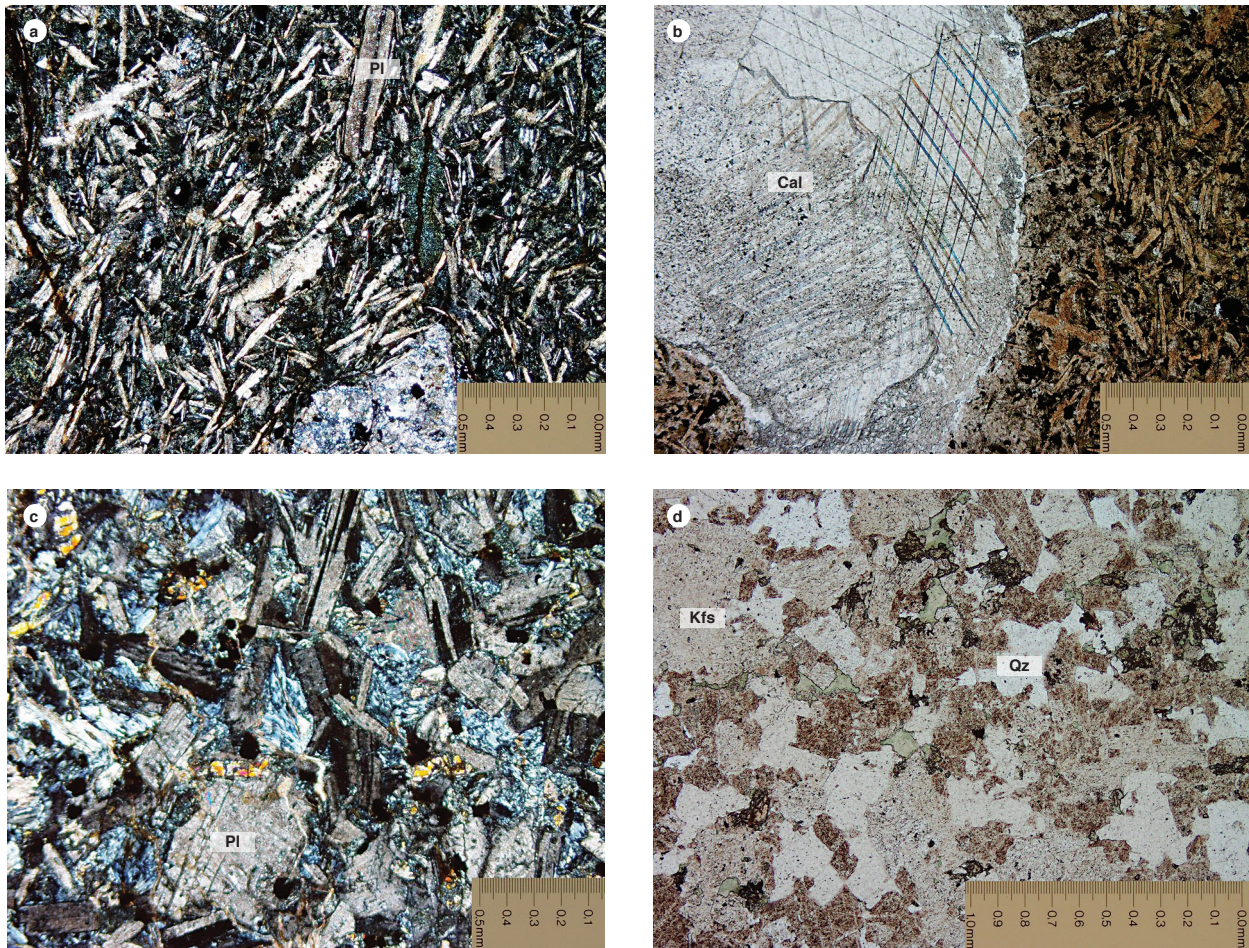


Figura 6. Microfotografía de las rocas de dique que atraviesan la Cuarzomonzonita de Los Naranjos

a) IGM-900652 andesita. Microlitos de plagioclasa (Pl) formando una textura traquítica y fluidal, con vidrio intergranular alterado a palagonita. b) IGM-900652 andesita. Amígdala rellena de calcita (Cal). c) IGM-900653 monzonita. d) IGM-900648 monzogranito. Roca con textura granular (aplítica) constituida por plagioclasa, con alteración a arcilla y sericita, feldespatos potásicos (Kfs) empolvado por alteración a caolín, cuarzo (Qz) anhedral y escasos opacos.

blancas y parches pardos de óxidos de hierro, masivos, con escasos fenocristales de plagioclasa y amígdalas circulares rellenas de calcita. Microscópicamente, la roca es hialocristalina microcristalina, con textura fluidal traquitoide. Los microcristales están orientados alrededor de los fenocristales de plagioclasa y de las vesículas rellenas de calcita. Está constituida por microlitos de plagioclasa y microfenocristales euhedrales a subhedrales de hábito tabular, con bordes irregulares y mal desarrollo de maclas de tipo albita y albita-carlsbad, con relieve menor al del bálsamo. Probablemente corresponden a oligoclasa, se alteran a minerales de arcilla, que le imprimen un aspecto pardo sucio. Se presenta vidrio de manera intergranular entre los microcristales de plagioclasa, alterado a palagonita de color verde y microcristales de opacos anhedral, algunos con bordes de titanita (figura 6). Las amígdalas son irregulares a semicirculares y se encuentran rellenas de calcita cristalina y algunas de clorita con cuarzo.

Los diques de monzonitas y monzogranitos son de color rosado a anaranjado con manchas verdes, ligeramente moteados de negro, faneríticos de grano fino, ricos en feldespatos alcalinos (29 a 32,4%), plagioclasa (25,4 a 38%), cuarzo (1,6 a 34,5%). Como accesorios aparecen trazas de opacos, apatito, circón y titanita.

El feldespato alcalino corresponde a ortosa no maclada. Se presenta en cristales anhedral con bordes irregulares, de relieve menor al del bálsamo, empolvados por alteración a caolín, que le da un color pardo al mineral.

La plagioclasa es de tipo oligoclasa, se presenta en cristales anhedral a subhedrales con maclas de albita, periclina y albita-carlsbad, en menor abundancia que el feldespato alcalino, con relieve menor al del bálsamo; los cristales de plagioclasa están alterados parcialmente a sericita, arcilla y agregados de epidota.

Como minerales accesorios presenta opacos, apatito, biotita cloritizada y circón. Los opacos como trazas se en-

cuentran en cristales anhedral con bordes irregulares a lobulados, de tamaños menores a 0,4 mm, y la biotita, en láminas intersticiales alteradas a clorita de color verde.

4.1. Litogeoquímica

En la tabla 2 se muestran los resultados correspondientes a óxidos mayores. Las rocas clasificadas como cuarzomonzodioritas presentan valores de SiO_2 entre 54,25 y 56,95%, mientras en las cuarzomonzonitas los valores son del orden de 58,75 a 62,86% de SiO_2 . Los contenidos de Al_2O_3 varían en ambas litologías entre 9,60 y 16,02%. Los contenidos de Fe_2O_3 , MgO , CaO son menores en las cuarzomonzonitas que en las cuarzomonzodioritas, y varían los valores de Fe_2O_3 entre 3,10 y 9,6%, en el MgO , entre 2,02 y 4,29%, y en el CaO , entre 3,74 y 6,27%.

La roca clasificada como *sienogranito* presenta valores altos en SiO_2 (70,02%) y K_2O (4,44%). Los valores de TiO_2 , Al_2O_3 , MgO , MnO y P_2O_5 son menores que los de cuarzomonzonitas-cuarzomonzodioritas, y marcan una clara diferencia en los óxidos mayores entre estas litologías. Las rocas de dique no son comparables entre ellas, y presentan diferencias en los contenidos de óxidos, como se aprecia en la tabla 2.

En la figura 7 las rocas se localizan en facies intermedias a félsicas. De acuerdo con el diagrama *total alkali silica* (TAS) de Middlemost (1994), se clasifican en el campo de cuarzomonzonitas las muestras 900652, 900649 y 900641, con contenidos de SiO_2 entre 53,2 y 62,86%, y en el campo de cuarzomonzodioritas las muestras 900647, 900650, 900653, con contenido de sílice de 49,53 a 56,95%, lo que concuerda con la clasificación petrográfica. La muestra 900651 está en el campo de los granitos, con contenido de SiO_2 de 70,02%, y la muestra 900648 grafica en el campo de los granitos de feldespato alcalino, con contenido de sílice de 75,56%, lo cual es congruente con la clasificación petrográfica y química.

Tabla 2. Resultados de óxidos mayores en la Cuarzomonzonita de Los Naranjos

IGM	N	W	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	MnO	LOI	Clasificación petrográfica
900647	859877	859156	54,25	1,14	16,02	9,60	4,29	6,25	3,24	2,51	0,359	0,3	1,98	Cuarzomonzodiorita
900651	867471	858988	70,02	0,44	13,86	3,10	0,97	1,91	3,31	4,44	0,113	0	1,70	Sienogranito
900641	881021	864106	58,75	0,96	15,68	7,16	3,09	5,08	3,19	4,06	0,335	0,1	1,28	Cuarzomonzonita
900649	864098	859111	62,86	0,71	15,28	5,35	2,02	3,74	3,58	4,33	0,214	0,1	1,63	Cuarzomonzonita
900650	865053	858259	56,95	1,07	15,81	8,19	3,60	6,27	2,99	3,10	0,388	0,1	1,30	Cuarzomonzodiorita
Rocas de dique														
900648	859877	859156	75,56	0,26	11,81	1,17	0,42	1,16	2,95	5,30	0,046	0	1,30	Monzogranito
900652	867471	858988	53,27	0,92	16,36	8,12	4,08	3,89	4,08	3,37	0,417	0,2	4,95	Andesita
900653	867471	858988	49,57	0,98	15,85	8,92	8,67	4,40	3,90	1,24	0,239	0,3	5,90	Monzonita

Porcentaje en peso.

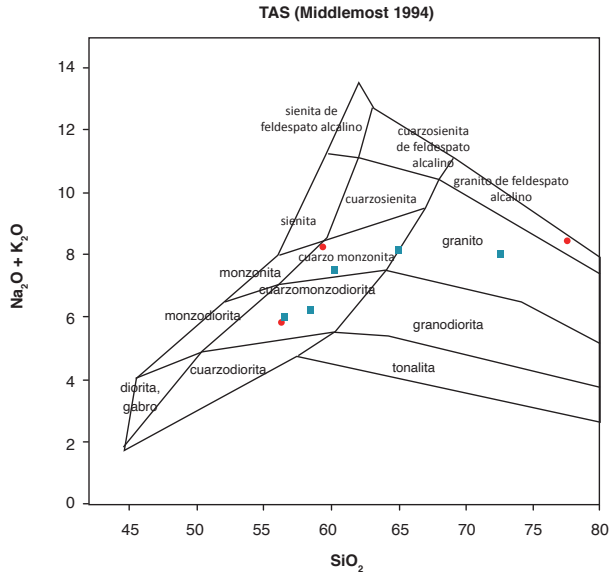


Figura 7. Diagrama TAS de Middlemost (1985) correspondiente a rocas y diques que atraviesan la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En verde, rocas del plutón, y en rojo, diques.

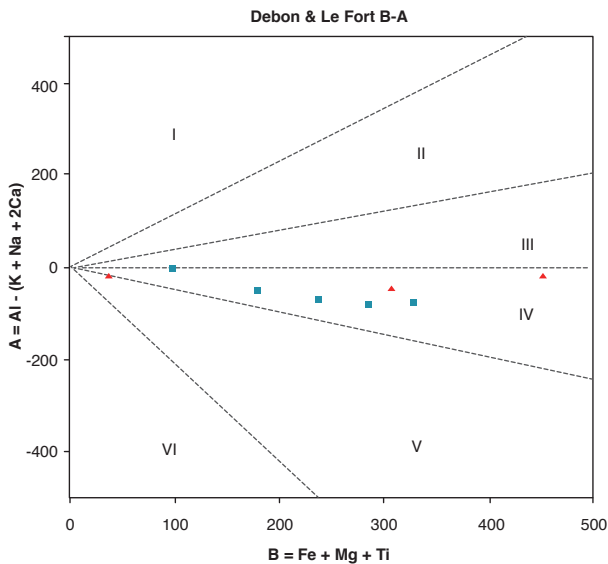


Figura 8. Diagrama de clasificación B-A de Debon y Le Fort (1983) correspondiente a la Cuarzomonzonita de Los Naranjos

El índice de saturación de alúmina muestra una impronta metaluminosa en la que $(Al_2O_3)_{molar} < (CaO + Na_2O + K_2O)_{molar}$, con valores menores de álcalis molar entre 0,082 y 0,113%, grafican en el diagrama de clasificación B-A de Debon y Le Fort (1983) en el campo IV (figura 8), que corresponde a granitoides metaluminosos con afinidad de minerales máficos como biotita, anfíbol ± clinopiroxeno, que concuerda con los análisis petrográficos.

En el diagrama de discriminación SiO_2 vs K_2O de Peccerillo y Taylor (1976) (figura 9), las rocas se localizan entre las series calcoalcalinas altas en K y rocas de la serie shoshonítica, resultado que es acorde con la abundancia de feldespato alcalino en la mayoría de las rocas, con valores altos de K_2O entre 2,51 y 4,44%, excepto en un dique de monzonita que se localiza en el campo de la serie calcoalcalina media en K, con valores de K_2O de 1,24% (muestra 900653). Además, se observa un aumento en K_2O con el aumento de SiO_2 en la mayoría de las rocas.

Elementos traza y tierras raras

Los análisis químicos de elementos traza y tierras raras (REE) fueron analizados por (ICP-MS) en la mayoría de elementos, y algunos por fluorescencia de rayos X (tabla 3).

El diagrama de REE normalizado a condrito según los valores de Nakamura (1974) muestra en las rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos un enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) con un patrón homogéneo que se va empobreciendo progresivamente hacia los elementos más pesados (HREE) (figura 10), comportamiento que es normal en rocas generadas en ambientes de subducción por encima de la placa subducida. La muestra 900647 presenta anomalía positiva de Eu (figura 10a), y en las cinco rocas hay enriquecimiento en Tb que puede estar relacionado con una acumulación de este elemento en minerales como la allanita.

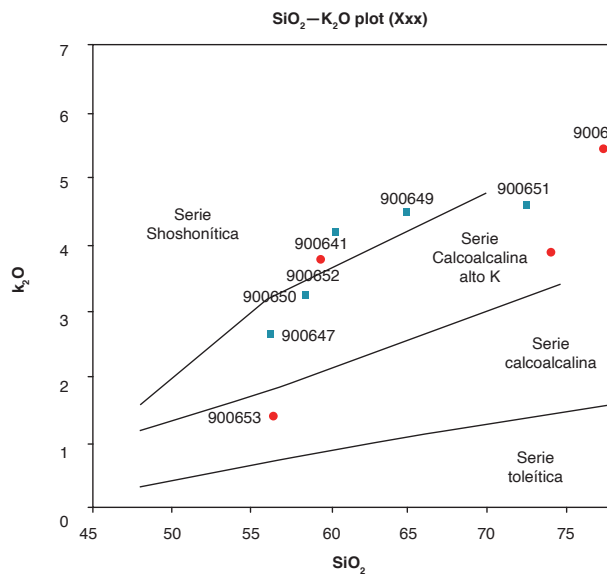


Figura 9. Diagrama K_2O vs SiO_2 (Peccerillo y Taylor, 1976) correspondiente a rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En azul, rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, y en rojo, diques.

Tabla 3. Resultados analíticos de elementos traza (ppm) en muestras de roca de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos

IGM	Li	Be	Sc	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Ag	Cd	In	Cs	Ba
900647	18	1,42	30	72	**	29	21	85	119	22	3,9	71	648	28	<1	0,08	0,07	3,1	1071
900651	9	1,9	8	18	300	8,9	8,2	6,7	30	17	2,9	206	226	27	<1	0,06	0,05	4,1	1171
900641	17	2,4	21	43	**	23	19	84	107	19	2,0	177	516	44	<1	0,17	0,06	2,3	1096
900649	21	2,6	15	28	**	16	13	58	129	21	6	227	430	32	<1	0,12	0,05	3,3	1131
900650	14	2,0	24	63	**	26	22	87	100	21	2,1	116	551	32	<1	0,10	0,06	4,6	1043
Rocas de dique																			
900648	8	0,95	4	8,1	174	6,5	4,0	16	15	13	2,1	149	98	26	<1	0,09	0,02	1,4	885
900652	52	1,29	17	114	**	29	52	70	100	21	4,5	124	329	32	<1	0,12	0,05	2,2	2134
900653	68	1,07	29	411	**	39	123	38	98	19	3,1	48	461	22	<1	0,10	0,06	1,5	585
IGM	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Tl	Pb	Bi	Th	U
900647	24	54	6,9	29	7,0	2,5	5,7	1,1	5,9	1,2	3,6	0,48	3,2	0,50	0,23	13	<0,05	4,0	1,2
900651	27	57	6,8	28	6,1	1,6	4,8	0,92	5,0	1,0	3,2	0,46	3,1	0,47	0,56	11	0,06	28	4,7
900641	44	86	11	45	9,1	2,3	7,0	1,4	7,3	1,5	4,8	0,67	4,5	0,74	0,19	16	<0,05	14	3,4
900649	50	100	12	44	8,7	2,1	7,0	1,2	6,4	1,3	4,0	0,54	3,6	0,54	0,44	23	<0,05	24	6,3
900650	42	86	11	42	8,9	2,5	7,1	1,3	6,5	1,3	4,0	0,53	3,5	0,53	0,19	13	<0,05	12	2,8
Rocas de dique																			
900648	27	58	6,4	23	4,5	1,1	3,7	0,76	4,5	0,99	3,4	0,54	4,0	0,63	0,43	3,3	<0,05	17	3,7
900652	23	63	8,7	37	8,2	3,2	6,4	1,2	6,1	1,2	3,7	0,49	3,2	0,50	0,50	4,0	<0,05	2,5	3,1
900653	16	34	5,0	24	5,5	2,2	4,5	0,85	4,6	0,92	2,7	0,36	2,4	0,35	0,17	8,2	<0,05	1,6	0,48

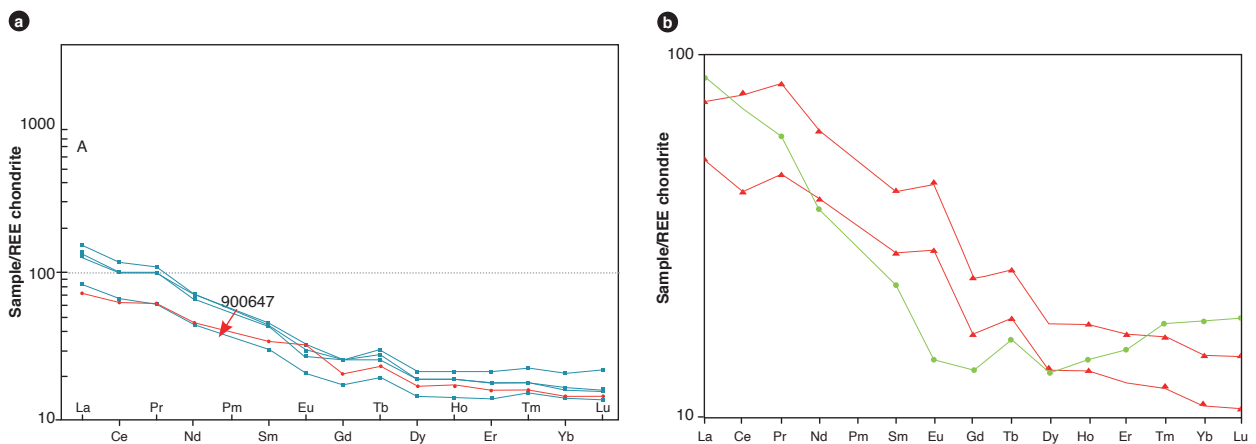


Figura 10. Diagrama de REE normalizado respecto al condrito (Nakamura, 1974) a) Rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En rojo la muestra 900647. b) Rocas de dique que atraviesan la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En verde la muestra 900648.

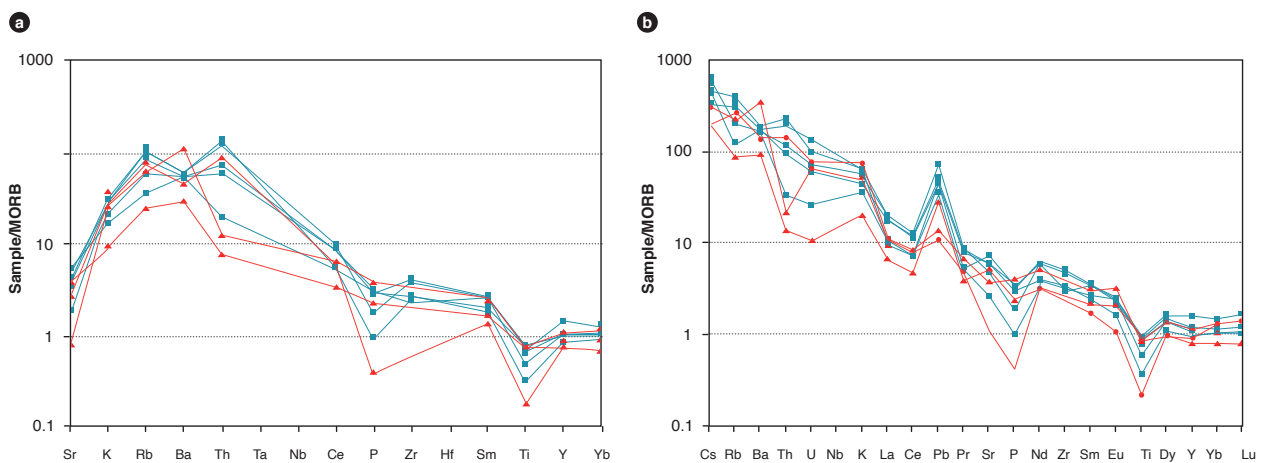


Figura 11. Diagramas multielementales de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos y diques normalizados a) MORB (Pearce *et al.*, 1984). b) N-MORB (Sun y McDonough, 1989). En azul, muestras de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, y en rojo las muestras de dique.

De acuerdo con Pearce *et al.* (1984), en los diagramas de multielementos normalizados a MORB y NMORB se muestra empobrecimientos de los elementos inmóviles Nb, Ti y P que pueden corresponder a separación de fases minerales accesorias como titanita, rutilo y apatito, lo cual refleja una evolución magmática (Winter, 2001), donde el Nb puede comportarse geoquímicamente similar al Ti.

Los mayores valores de los elementos litófilos de alto radio iónico (LILE) Cs, Ba y Th indican una afinidad de corteza continental (márgenes convergentes), donde abundan estos elementos altamente incompatibles.

Valores mayores en Sr, K, Ba y Rb se deben a su movilización desde fluidos que interactúan en la zona de subducción hacia el magma, y las anomalías negativas de Nb, Ti son características de arcos magmáticos relacionados con ambientes de subducción.

Las rocas presentan valores promedio que se acomodan a los típicos de arcos, según Winter (2001), Ni: entre 10 a 60 ppm y Cr: 25 a 100 ppm. Únicamente la muestra de dique 900648 presenta valores menores de Ni: 4,0 ppm y Cr: 8,1 ppm.

4.2. Discriminación de ambiente tectónico

Las rocas y diques de este intrusivo muestran características de magmas tipo I (andino o cordillerano) de las series magnesianas (figura 12a) (diagramas de Frost *et al.*, 2001), y en el diagrama de discriminación de ambiente tectónico de Batchelor y Bowden (1985), las rocas se localizan en ambientes orogénicos de arco, la mayoría de ellas dentro del campo poscolisional (figura 12b).

5. Posición estratigráfica y edad

La Cuarzomonzonita de Los Naranjos, según Rodríguez y Fuquen (1989), intruye lavas y tobas de la formación Saldaña, con desarrollo de una delgada aureola de contacto en las rocas volcánicas, marcada por disminución del tamaño del grano y enriquecimiento en feldespato potásico en los bordes del intrusivo. Además, en la parte occidental del sinclinal de la Media Luna (figura 1), la formación Yaví reposa discordante sobre el plutón; estos autores le asignan una edad Jurásica Tardía.

El plutón se encuentra atravesado por diques de epidota, cuarzo, calcita, siderita; diques de microdiorita de color verde y monzonitas.

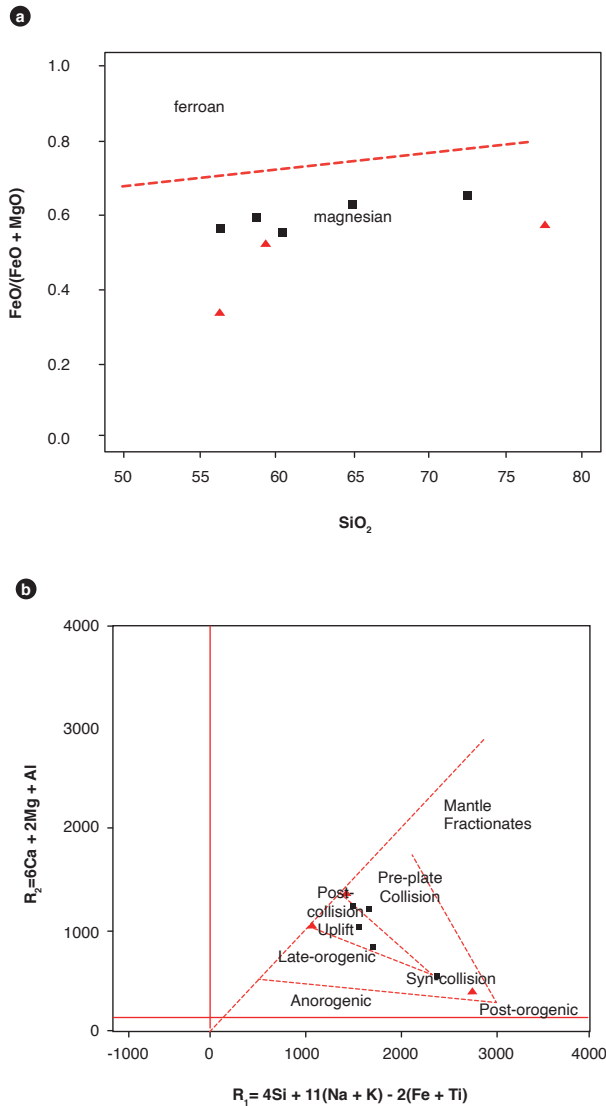


Figura 12. Diagramas de clasificación y de ambiente tectónico a) Diagrama de Frost *et al.* (2001). b) Diagrama de Batchelor y Bowden (1985) correspondiente a rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos. En negro, rocas de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, y en rojo, diques.

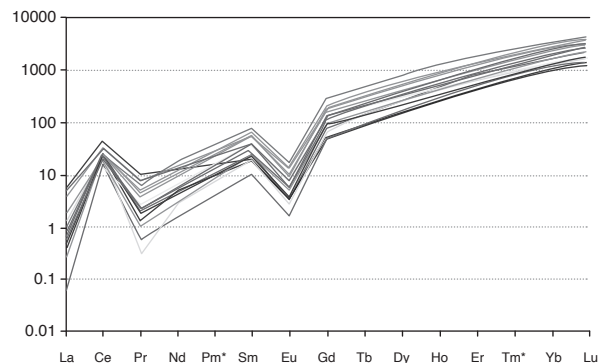


Figura 13. Diagrama REE (McDonough y Sun, 1995) correspondiente a los circones de la muestra JGB-345-cuarzomonzonita de Los Naranjos

En el presente trabajo se realizó la datación de una muestra de cuarzomonzonita JGB-345 ubicada en las coordenadas N: 864084 y W: 859256 con origen Bogotá. Los circones son euhedrales cortos ovoidales o redondeados, de color ligeramente pardo pálido, y su tamaño es menor de 100 μm . Bajo catodoluminiscencia se presentan bastante uniformes, con ausencia de núcleos o sobrecrecimientos (figura 14b).

Los datos obtenidos de las muestras JGB-345 (n = 35) fueron procesados en el software de Isoplot/

Ex versión 4.15 (Ludwig, 2008) para su ploteo e interpretación. Se descartaron once circones que presentaban una discordancia > 15%, de acuerdo con la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}]$.

El análisis de ICP-MS permitió determinar la abundancia de los elementos traza de cada círculo en la muestra JGB-345. Los valores de REE se normalizaron a condrito (McDonough y Sun, 1995) y se calcularon las relaciones Pm^* y Tm^* de cada uno de ellos. En la figura 13 se observa un comportamiento paralelo y homogéneo en la mayoría

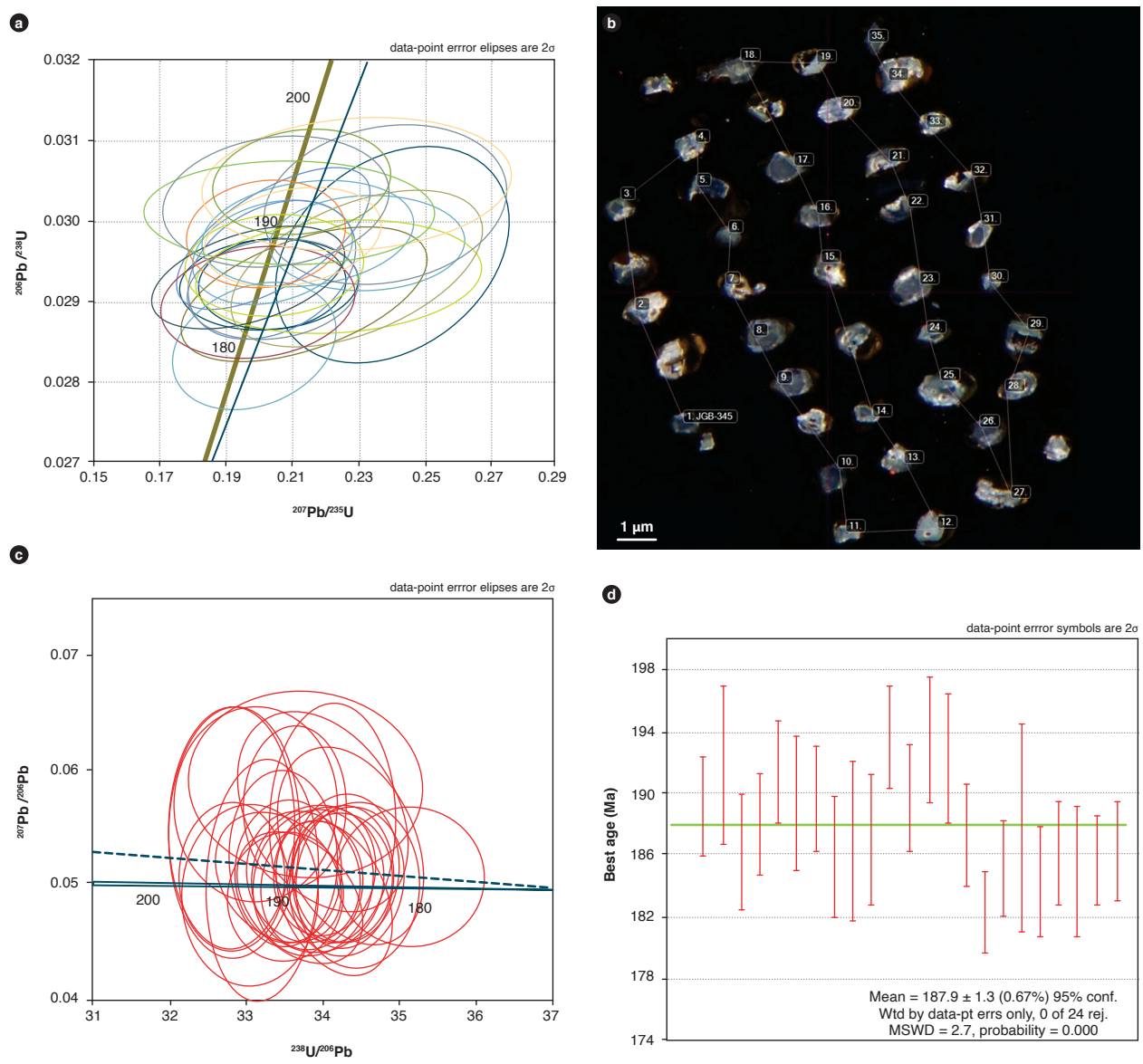


Figura 14. Muestra JGB-345 de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos a) Diagrama de concordia Wetherill. b) Imagen de catodoluminiscencia de 34 circones analizados. c) Diagrama de concordia Tera-Wasserburg. d) Diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar.

de los circones, con una anomalía de Eu que indica que la plagioclasa cristalizó cuando se formaba el circón.

En la figura 14 se muestra la edad de cristalización de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, que se calculó con una edad promedio de $1\,87,9 \pm 1,3$ Ma para la muestra JGB-345, con un MSWD = 2,7. Esta edad corresponde al Jurásico Inferior (Pliensbachense).

La relación Th/U en la muestra JGB-345 varía entre 0,34 y 0,85 ppm, con valores menores de 1 ppm, que se relacionan con un origen ígneo (Rubatto, 2002) (tabla 4).

6. Correlaciones

Rodríguez y Fuquen (1989) correlacionaron la Cuarzomonzonita de Los Naranjos con pequeños cuerpos que afloran en la Plancha 302, considerando que existen grandes similitudes petrográficas y relaciones de campo entre ellas, de las cuales se destacan los cuerpos que afloran en las quebradas Canoas y Yaco. Núñez *et al.* (1996) correlacionan los stocks Los Naranjos, Anchique, San Cayetano y Batolito de Teruel; los cuales corresponden a pequeños cuerpos intrusivos de la serie monzonita-cuarzomonzonita-granito que

afloran en el valle superior del Magdalena, y según estos autores, pueden representar apófisis de un solo cuerpo de dimensiones batolíticas. Por otra parte, según Cossio *et al.* (1994), al ser el stock de Anchique contemporáneo al stock de Dolores, este último con edades reportadas de $1\,82 \pm 4$ Ma en biotita y $1\,76 \pm 4$ Ma en Hbl por el método K-Ar (Guerrero y Tamara, 1982), se asigna una edad del Jurásico Medio-Superior al stock de Anchique.

Rodríguez y Fuquen (1989), Cossio *et al.* (1994) y Núñez *et al.* (1996) ubican estos pequeños cuerpos posteriores a la formación Saldaña y anterior a la formación Yaví, asignándoles una edad Jurásica.

La cuarzomonzodiorita de Los Naranjos se correlaciona por edad, composición litológica, química y posición tectónica con una serie de plutones que afloran en el borde occidental del valle superior del Magdalena y la serranía de Las Minas, entre los que se encuentra la Cuarzomonzonita de El Astillero con una edad U-Pb de $1\,87 \pm 3,3$ Ma (Rodríguez *et al.* 2015); la Cuarzomonzonita de Anchique con una edad U-Pb de $1\,86,4 \pm 1,4$ Ma (Arango *et al.* 2015a); la Monzodiorita de Las Minas con dos edades, U-Pb de $1\,81,6 \pm 3,4$ Ma (Arango *et*

Tabla 4. Resultados analíticos de U y Th de los circones de la muestra JGB-345

Circón	U (ppm)	Th (ppm)	Th/U	Radios corregidos									
				²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±2σabs	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±2σabs	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±2σabs	²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	±2σabs	Rho	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U
Circón 036	249	208,6	0,84	0,0572	0,0053	0,233	0,024	0,02974	0,00049	0,0097	0,0026	0,0532	188,9
Circón 037	277,9	245,4	0,88	0,0517	0,0049	0,21	0,022	0,02978	0,0005	0,0093	0,0025	0,2559	189,2
Circón 038	168,9	106,7	0,63	0,0575	0,0072	0,238	0,03	0,03021	0,00082	0,0105	0,0028	0,2153	191,8
Circón 039	179,4	133,8	0,75	0,0557	0,0085	0,224	0,035	0,02931	0,00058	0,0093	0,0025	0,1126	186,2
Circón 040	184	145	0,79	0,0679	0,0067	0,282	0,03	0,03029	0,00066	0,0107	0,0029	0,2048	192,4
Circón 041	260	186,2	0,72	0,0499	0,0046	0,203	0,021	0,02959	0,00051	0,0089	0,0024	0,2309	188
Circón 042	193	130,5	0,68	0,0489	0,0081	0,209	0,036	0,03012	0,00053	0,009	0,0024	0,0022	191,3
Circón 043	384	327	0,85	0,05	0,0052	0,204	0,024	0,02979	0,00071	0,0101	0,0027	0,6515	189,3
Circón 044	335	250	0,75	0,0611	0,0064	0,256	0,03	0,03048	0,00068	0,012	0,0033	0,6618	193,5
Circón 045	500	425	0,85	0,0493	0,0046	0,202	0,02	0,02985	0,00054	0,0092	0,0025	0,1827	189,6
Circón 046	200,5	159,2	0,79	0,0504	0,0051	0,204	0,022	0,02924	0,00062	0,0094	0,0025	0,1966	185,8
Circón 047	232	171	0,74	0,0562	0,0067	0,229	0,031	0,02941	0,00081	0,0169	0,0051	0,5166	186,9
Circón 048	511	346,9	0,68	0,0518	0,0051	0,206	0,02	0,02943	0,00067	0,0088	0,0023	0,2345	187
Circón 049	113,9	81,3	0,71	0,0799	0,0091	0,322	0,038	0,02923	0,00058	0,0121	0,0033	0,1681	185,7
Circón 050	230	198	0,86	0,0503	0,0049	0,213	0,022	0,03049	0,00054	0,0094	0,0025	0,1106	193,6
Circón 051	271	228	0,84	0,0611	0,0068	0,256	0,03	0,03025	0,00063	0,0101	0,0027	0,1777	192,1
Circón 052	416	285,4	0,69	0,0523	0,0061	0,215	0,026	0,02986	0,00054	0,0101	0,0027	0,1495	189,7
Circón 053	217	144,2	0,66	0,0545	0,0089	0,229	0,038	0,03045	0,00065	0,0121	0,0032	0,1286	193,4
Circón 054	214	154,9	0,72	0,0603	0,0066	0,24	0,028	0,02889	0,00061	0,0099	0,0027	0,1810	183,6
Circón 055	165	126	0,76	0,0495	0,0064	0,205	0,028	0,03027	0,00067	0,0113	0,0034	0,1642	192,2
Circón 056	214	159,7	0,75	0,0511	0,0053	0,205	0,022	0,02947	0,00052	0,0089	0,0024	0,0078	187,2
Circón 058	413	289	0,70	0,0515	0,0048	0,199	0,02	0,02845	0,00064	0,0084	0,0023	0,2334	180,8
Circón 059	394	388	0,98	0,0511	0,0048	0,207	0,021	0,02915	0,00048	0,0089	0,0024	0,0446	185,2
Circón 060	290	206	0,71	0,0611	0,0063	0,253	0,029	0,02976	0,00069	0,0116	0,0031	0,2488	189
Circón 061	328	308	0,94	0,0688	0,0071	0,295	0,033	0,03076	0,00061	0,0127	0,0035	0,1773	195,3
Circón 062	276,6	104,9	0,38	0,0596	0,0069	0,24	0,029	0,0296	0,0011	0,0175	0,0059	0,3075	187,8
Circón 063	239	188,1	0,79	0,0497	0,0055	0,2	0,024	0,029	0,00056	0,0092	0,0025	0,1609	184,3
Circón 064	259	190	0,73	0,0484	0,0054	0,197	0,024	0,0293	0,00053	0,0088	0,0023	0,4800	186,2
Circón 065	370	241	0,65	0,053	0,0066	0,214	0,03	0,0291	0,00068	0,0087	0,0023	0,5021	184,9
Circón 066	213	167	0,78	0,0591	0,0068	0,245	0,03	0,02961	0,00067	0,0103	0,0028	0,4697	188,1
Circón 067	255	173	0,68	0,0505	0,005	0,203	0,022	0,02921	0,00047	0,0085	0,0023	0,1485	185,6
Circón 068	260	215	0,83	0,05	0,0048	0,203	0,021	0,02932	0,00051	0,0082	0,0022	0,2583	186,3
Circón 069	200,2	142,1	0,71	0,0649	0,0067	0,267	0,029	0,03008	0,00059	0,011	0,003	0,0381	191
Circón 070	390	248,8	0,64	0,0491	0,0051	0,191	0,021	0,02808	0,00045	0,0089	0,0024	0,5079	178,5

al., 2015b) y $187,4 \pm 2,3$ Ma, esta última obtenida por Bustamante *et al.* (2010) y la Cuarzomonzodiorita de Páez con edades U-Pb entre 180 y 193 Ma (Zapata *et al.* 2015). Además, el evento magmático se correlaciona con la extrusión de rocas volcánicas de la Formación Saldaña en la serranía de Las Minas y el borde oriental de la cordillera Central, pero no con algunas unidades volcánicas que afloran en el borde occidental de la cordillera Oriental, que son más jóvenes y que se han denominado de forma regional *Vulcanitas de Pitalito*.

7. Localidad tipo

Se propone como localidad tipo el carretable que parte del sinclinal de la Media Luna (figura 1), pasa por el río Patá y comunica con el municipio de Ataco, que atraviesa el intrusivo de forma transversal y con un fácil acceso. Se considera esta última la sección tipo de la unidad, y como sección alternativa, el corte por la quebrada Los Naranjos.

8. Génesis

Las texturas granulares, inequigranulares localmente porfídicas en algunos bordes del cuerpo, sugieren para la Cuarzomonzonita de Los Naranjos un emplazamiento en un nivel epizonal.

Se analizaron los valores de la muestra JGB-345 siguiendo los patrones sugeridos por Wang *et al.* (2012) para diferenciar granitos tipo I, S y A, a partir del contenido de tierras raras de los circones, y se obtuvo una correlación con circones de ambientes de granitos tipo I (figura 15), aunque algunos circones se localizan por encima del campo de los granitos tipo I. Los valores de

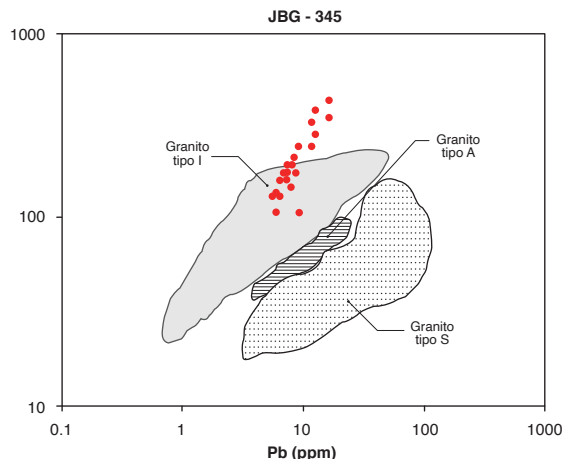


Figura 15. Discriminación de ambientes de circones en la muestra JGB-345 de la Cuarzomonzonita de Los Naranjos, modificado de Wang *et al.* (2012)

Pb de circones de la muestra JGB-345 varían entre 4,85 y 14,57 ppm, y resulta característico que contengan $Pb < 25$ ppm. Las concentraciones típicas en Th para este tipo de granitos, en los circones, están entre 30 y 700 ppm; el contenido de los circones de la muestra JGB-345 está entre 104,9 y 425 ppm (tabla 5). La relación Th/Pb en los circones es de 12,8 a 34,0, que concuerda con las altas concentraciones en los granitos tipo I, que deben estar entre 15 y 60 (Wang *et al.*, 2012). Asimismo, muestran contenidos de itrio entre 454 y 2011 ppm, proporciones comparables a granitoides tipo I que van de 500 a 4534 ppm (Wang *et al.*, 2012).

De acuerdo con los resultados químicos en la roca y la química de los circones, es un granito de tipo I (cordillerano), formado en un ambiente de arco magmático.

Tabla 5. Geoquímica de elementos traza (ppm) de los circones de la muestra JGB-345

	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Th/Pb
Circón 036	248	17,5	1154	1,3	0,027	11,91	0,164	3,05	5,74	0,401	28,7	8,99	104,7	38,8	169,2	319	63,1	11960	7,475	208,6	249	27,906
Circón 037	260	39	1436	1,21	0,078	10,87	0,393	5,64	8,95	0,675	36,3	11,47	132,8	47,91	211,4	393,2	78,8	11190	8,13	245,4	277,9	30,185
Circón 038	210	37	519	1,29	0,013	8,54	0,054	0,93	1,73	0,096	9,74	3,46	42,3	16,83	77,4	163,2	34,05	10990	5,2625	106,7	168,9	20,276
Circón 039	140	28	766	1,27	0,16	9,72	0,167	2,35	3,63	0,42	17,3	5,65	65,1	25,12	116,6	234,6	48,72	11030	5,22	133,8	179,4	25,632
Circón 041	185	21,9	831	1,48	0,0142	12,02	0,124	2,06	3,76	0,254	18,3	6,18	72,7	27,8	127,7	253	51,8	12340	7,625	186,2	260	24,420
Circón 042	350	1660	857	9,3	0,33	8,43	0,34	3,92	4,64	0,61	20,6	6,49	78	28,6	130,3	253,1	52	10430	5,675	130,5	193	22,996
Circón 043	290	36	1578	2,09	0,036	16,58	0,367	6,81	9,6	0,6	40,2	12,16	137,6	52,8	233	434	84	14240	10,7	327	384	30,561
Circón 045	180	21,1	1408	2,09	0,068	21,4	0,26	4,15	7,81	0,467	34,4	11,2	126,2	45,5	204	391	77,5	14000	14,575	425	500	29,160
Circón 046	250	36	979	1,21	0,061	8,53	0,225	3,37	5,18	0,401	24,93	7,62	88,1	32,82	149,5	291,7	59,29	9930	5,9825	159,2	200,5	26,611
Circón 047	30	23	941	2,22	0,056	12,4	0,094	1,64	3,43	0,296	20,5	6,86	80,5	30,9	140,7	287	57,9	13970	6,4	171	232	26,719

	P	Ti	Y	Nb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U	Th/Pb
Circón 048	-390	30	990	2,73	0,14	21,6	0,103	1,41	3,5	0,18	19,1	6,52	82,7	31,5	152,8	312	62	14150	14,175	346,9	511	24,473
Circón 050	-180	35,2	1160	1,11	0,042	10,22	0,218	3,17	5,4	0,52	26,8	8,9	104	38,7	173	325	65	11930	7,15	198	230	27,692
Circón 052	460	39	1076	2,61	0,35	20,3	0,294	2,98	3,27	0,3	21,12	7,63	92,5	35,04	165	326,2	64,6	16590	11,475	285,4	416	24,871
Circón 053	480	22,2	659	1,54	-6,1E-06	11,1	0,028	1,35	2,9	0,157	13	4,5	54,2	21,28	99	199	41,3	11340	6,85	144,2	217	21,051
Circón 055	100	59	806	1,48	0,35	9,03	0,231	2,53	4	0,356	18,3	5,79	68,8	26,9	121	248	50,1	10860	4,85	126	165	25,979
Circón 056	450	31,3	828	1,33	0,27	10,48	0,21	2,82	4,27	0,329	18,9	5,92	70,9	26,9	124,9	249	52	10600	6,4	159,7	214	24,953
Circón 058	120	32	1086	2,74	0,083	18,41	0,122	2,39	3,62	0,227	23,2	7,83	92	35,2	160,8	321	64,3	15180	11,25	289	413	25,689
Circón 059	270	36,9	2011	1,6	0,093	14,22	0,556	8,37	12,08	0,86	53,6	16,34	184,3	66,9	294	534	103,7	11570	11,4	388	394	34,035
Circón 062	-30	35	454	1,77	1,29	26,2	0,98	5,6	2,78	0,36	9,61	3,04	36,4	13,56	67,4	143,8	29,7	12440	8,17	104,9	276,6	12,840
Circón 063	130	34	969	1,26	0,085	10,75	0,192	3,18	4,67	0,372	22,2	7,2	85,3	32	143,3	279	56,2	10380	6,85	188,1	239	27,460
Circón 064	200	42,4	960	1,58	0,175	11,56	0,2	2,93	4,79	0,337	22,6	7,06	84,3	31,6	145,1	298	59,7	12340	7,575	190	259	25,083
Circón 065	160	28	1011	2,91	0,9	19,1	0,68	5	4,82	0,38	20,9	7,39	86,2	33,72	152,1	305,2	60	13980	10,425	241	370	23,118
Circón 067	-10	30,3	842	2,23	0,14	13,8	0,215	1,81	2,97	0,197	15,8	5,51	67,2	27,4	128,4	258	52,5	13410	7,5	173	255	23,067
Circón 068	30	36,3	1290	1,32	0,051	11,12	0,341	4,63	8,08	0,612	33,5	10,35	120,3	44,2	195,9	377	73,3	12350	7,45	215	260	28,859

9. Recursos minerales

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

Referencias

- Arango, M., Rodríguez, G., Bermúdez, J. y Zapata, G. (2015a). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia: Cuarzomonzonita de Anchique, cordillera Central, Huila-Tolima*. Servicio Geológico Colombiano.
- Arango, M., Rodríguez, G., Bermúdez, J. y Zapata, G. (2015b). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia: Cuarzomonzodiorita de Las Minas-serranía de Las Minas, Huila*. Servicio Geológico Colombiano.
- Batchelor, R. y Bowden, P. (1985). Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 48(1-4), 43-55. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(85\)90034-8](https://doi.org/10.1016/0009-2541(85)90034-8)
- Bustamante, C., Cardona, A., Bayona, G., Mora, A., Valencia, V., Gehrels, G. y Vervoort, J. (2010). U-Pb LA-ICP-MS geochronology and regional correlation of Middle Jurassic intrusive rocks from the Garzon Massif, Upper Magdalena Valley and Central Cordillera, Southern Colombia, *Boletín de Geología*, 32(2), 93-109.
- Carvajal, C., Fuquen, J. y Gómez, L. (1993). *Geología de la Plancha 282 Chaparral. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Cossio, U., Rodríguez, G. y Rodríguez, M. (1994). *Geología de la plancha 283 Purificación. Memoria explicativa*. Ingeominas.
- Debon, F. y Le Fort, P. (1983). A chemical mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 73(3), 153-149. <https://doi.org/10.1017/S0263593300010117>
- Frost, B., Arculus, R., Barnes, C., Collins, W., Ellis, D. y Frost, C. (2001). A geochemical classification of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42(11), 2033-2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>
- Fuquen, J., Rodríguez, G. y Cossio, U. (2003). *Geología de la plancha 302 Aipe. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Guerrero, B. y Tamara, A. (1982). *Petrografía de los intrusivos Triásico-Jurásicos y sus relaciones con la formación Saldaña al occidente de Dolores, Tolima* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia.
- International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC). (1994). *International Stratigraphic Guide: A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure*. Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/9780813774022>
- International Subcommission on Stratigraphic Classification (ISSC). (1987). Stratigraphic classification and nomenclature of igneous and metamorphic rock bodies *GSA Bulletin*, 99(3), 440-442. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1987\)99<440:SCANOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1987)99<440:SCANOI>2.0.CO;2)

- Ludwig, K. (2008). *Isoplot version 4.15: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Special Publication n.º 4. Berkeley Geochronology Center.
- Mcdonough, W. y Sun, S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120(3-4), 223-253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4)
- Middlemost, E. (1985). *Magmas and magmatic rocks: An introduction to igneous petrology*. Longman.
- 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)
- Núñez A., Bocanegra, A. y Gómez, J. (1996). Los plutones jurásicos del valle superior del Magdalena. En VII Congreso Colombiano de Geología.
- Pearce, J., Harris, N. y Tindle, A. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25(4), 956-983. <https://doi.org/10.1093/petrology/25.4.956>
- Peccerillo A. y Taylor, T. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58(1), 63-81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>
- Rodríguez, G. y Fuquen, J. (1989). *Geología y prospección geoquímica de la Plancha 302, Aipe, Huila, Colombia*. Informe. Ingeominas.
- Rodríguez, G., Arango, M., Zapata, G. y Bermúdez, J. (2015). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia: Cuarzomonzodiorita del Astillero-serranía de Las Minas, Huila*. Informe. Servicio Geológico Colombiano.
- Rubatto, D. (2002). Zircon trace element geochemistry: Partitioning with garnet and the link between UePb 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)
- Streckeisen, A. (1976). To each plutonic rock its proper name. *Earth Science Reviews*, 12(1), 1-33. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(76\)90052-0](https://doi.org/10.1016/0012-8252(76)90052-0)
- Sun, S. y Mcdonough, W. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. En A. Sanders y M. Norry (eds.), *Magmatism in oceanic basins*. Special Publications 42. The Geological Society of London. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>
- Velandia, F., Núñez, A. y Marquínez, G. (2001). *Mapa geológico del departamento del Huila. Escala 1:300.000. Memoria explicativa*. Ingeominas.
- Wang, Q., Zhu, D., Zhao, Z., Guan, Q., Zhang, X., Sui, Q., Hu, Z. y Mo, X. (2012). Magmatic zircons from I-, S- and A-type granitoids in Tibet: Trace element characteristics and their application to detrital zircon provenance study. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.07.027>
- Winter, J. (2001). *An introduction to igneous and metamorphic petrology*. Prentice Hall.
- Zapata, G., Rodríguez, G., Arango, M. y Bermúdez, J. (2015). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia: Cuarzomonzodiorita de Páez-cordillera Central, Cauca-Huila*. Servicio Geológico Colombiano.

