



Cuarzomonzonita de San Cayetano

» Cordilleras Central y Oriental
Departamento del Tolima

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

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Jurásico

Citación: 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>

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.

La Cuarzomonzonita de San Cayetano aflora en el denominado Arco de Natagaima que forma parte del flanco oriental de la cordillera Central y del Valle Superior del Magdalena. El catálogo integra datos de campo y petrográficos de trabajos anteriores, y presenta nueva información petrográfica, litogeoquímica y geocronológica U-Pb para mejorar el conocimiento de este cuerpo intrusivo y del magmatismo de arco que ocurrió durante el Jurásico inferior y el Jurásico medio en este sector del Valle Superior del Magdalena.

1. Proponente del nombre

Carvajal *et al.* (1983) designan con el nombre de *stock de San Cayetano* un cuerpo ígneo intrusivo expuesto en la parte oriental de la plancha 282, al sur de la población de Coyaima.

2. Origen del nombre y distribución geográfica

El nombre proviene del sitio San Cayetano, localizado en la vía Coyaima-Ataco, al suroeste de la población de Coyaima, se extiende entre las cordilleras Central y Oriental, en el valle del río Meche, en el departamento de Tolima. El *stock* está expuesto en dos bloques, a manera de apófisis (figura 1) separados entre sí por las formaciones Saldaña y Honda, con buenas exposiciones en el río Meche, las quebradas Lemayá, Totarco, Guaguarco y El Niple, así como en el carreteable a Balsillas. El afloramiento occidental de dirección NNE presenta una longitud cercana a 8 km, con un ancho de máximo 4,5 km, y ocupa un área aproximada de 30 km². Se extiende desde el filo El Meche hasta la loma El Diamante y está cruzado por el río Meche y sus quebradas tributarias Lemayá, El Diamante, Iguarco y Coya. Hacia el sur de este cuerpo, por la carretera Coyaima-Ataco, en el sitio conocido como Balsillas, a la altura de la quebrada El Chocho, se presenta otro afloramiento muy meteorizado (sapro-lito) de menores dimensiones, con su eje mayor en dirección N-NE y una longitud promedio de 4,5 km por 1,5 km de ancho, con área aproximada de 7 km².

El cuerpo oriental tiene forma irregular subredondeada y elongada, con su eje mayor en dirección N-NW, y una longitud de 9 km y un ancho que varía entre 1,5 y 3,8 km; ocupa un área aproximada de 24 km². Se en-

cuentra formando la loma El Tigre y está disectado por las quebradas El Niple, Totarco, Pocharco y Guaguarco.

3. Reseña histórica

Originalmente esta unidad fue referida por Carvajal *et al.* (1983) al designar con el nombre de *stock de San Cayetano* un cuerpo ígneo intrusivo expuesto en la parte oriental de la plancha 282-Chaparral, al sur de la población de Coyaima. El nombre proviene del sitio San Cayetano, en la vía Coyaima-Ataco, de donde se desprende el carreteable que conduce a Balsillas. Posteriormente fue estudiado por Rodríguez y Fuquen (1989) como la prolongación hacia el sur de la plancha 282, como un cuerpo de forma irregular, con una extensión aproximada de 25 km y un ancho de 1,5 km, con dirección de su eje mayor N-S. Los mejores afloramientos aparecen en las quebradas Los Naranjos, La Vieja y Los Tigres, y que la composición dominante es cuarzomonzonita y cuarzomonzodiorita con variaciones a granodiorita y granito. De acuerdo con este estudio, estas dos últimas descripciones corresponden a otro cuerpo, que se ha llamado *Cuarzomonzonita de Los Naranjos*, con base en la edad encontrada.

4. Descripción geológica

La roca es masiva holocristalina de textura hipidiomorfa fanerítica inequigranular con tamaño de grano medio a grueso, hasta porfirítica, mesocrática de color gris claro con frecuentes tonalidades rosadas. La unidad habitualmente está atravesada por diques de variada composición (andesíticos, graníticos y basálticos) figura 2 de hasta 40 cm de espesor con cuarzo anhedral traslúcido.

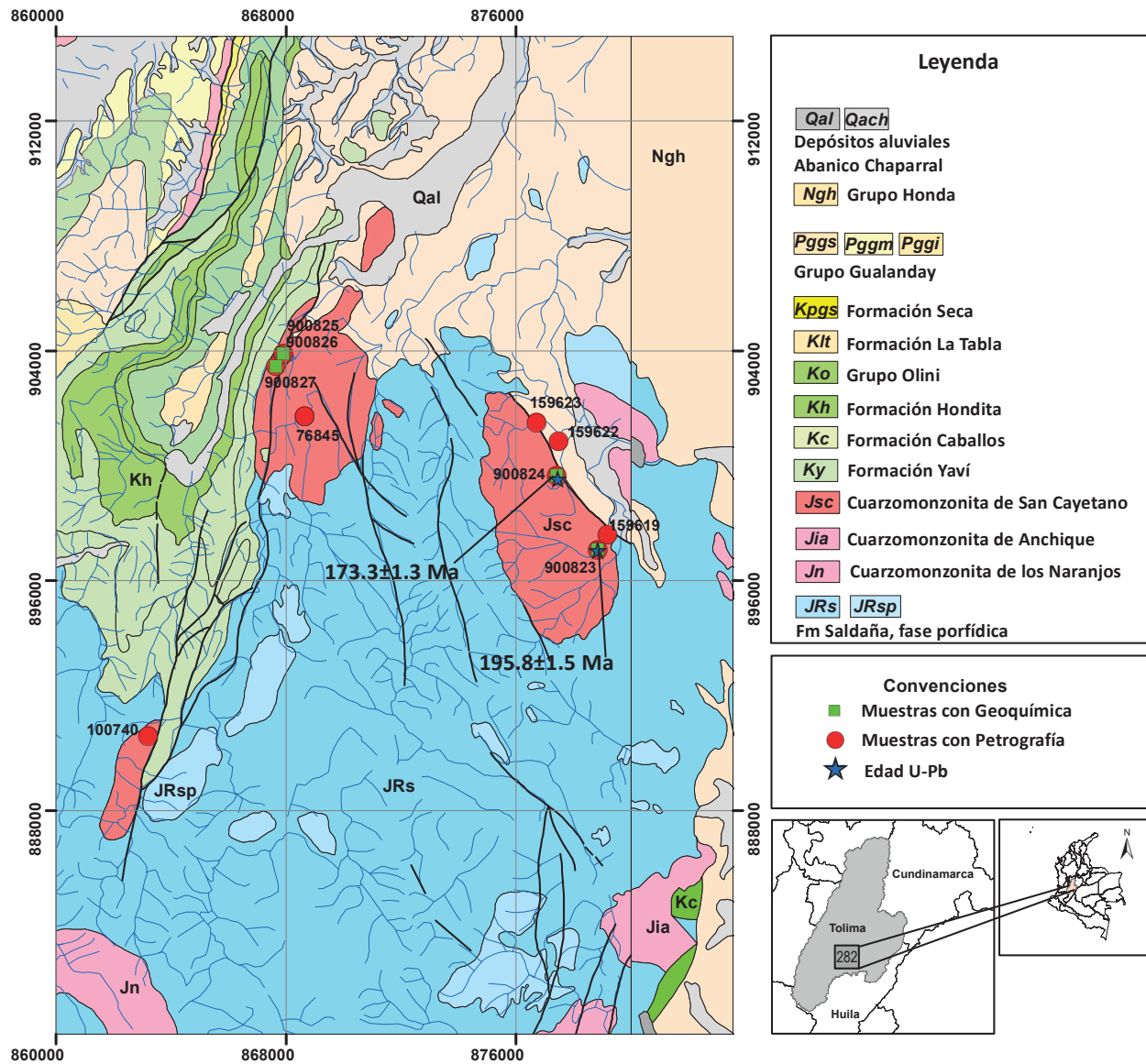


Figura 1. Localización y muestreo de la Cuarzomonzonita de San Cayetano
Fuente: Carvajal *et al.* (1983).

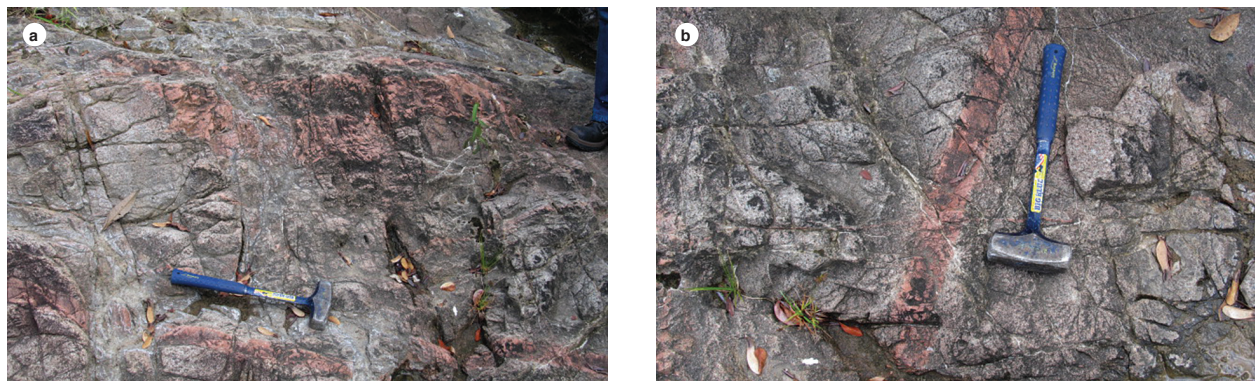


Figura 2. Afloramiento de la Cuarzomonzonita de San Cayetano en la vía Coyaima-Fical-Anchique, cruzada por diques feldespáticos (Estación JGB-358)

Carvajal *et al.* (1993) reportan la presencia de venas y filones de barita con espesores entre 0,6 m a 1,20 m.

De acuerdo con su composición modal, el plutón está constituido principalmente por cuarzomonzonitas con gradaciones a monzonita y cuarzomonzodiorita subordinadas. La composición mineralógica principal es plagioclasa (29,2 a 48,4%) subhedral a euhedral hasta de 1,5 cm de longitud, de hábito prismático e incolora, de composición oligoclasa-andesina, con maclas de albita, Carlsbad, albita-Carlsbad y periclina, alterada a sericita y ocasionalmente a saussurita con desarrollo de epidota y calcita. Feldespato potásico (23,2 a 56,0%) anhedral con textura pertítica y frecuentemente caolinizado. El cuarzo (2,5 a 18,8%) anhedral e intersticial intercrecido con plagioclasa formando mirmequitas y texturas gráficas, ocasionalmente fracturado y con extinción ondulatoria. En el caso de las cuarzomonzonitas, el contenido de cuarzo aumenta de 7,2 a 12,4%. Presenta como máficos hornblenda (5 a 9%) de color verde-marrón alterada a clorita, epidota y biotita. La biotita (0,8 a 1,6%), de color verde marrón y como mineral accesorio, solamente está presente en dos muestras (IGM-900825 e IGM-900827). El clinopiroxeno (1,2

a 13,2%) es subhedral, de color verde oscuro, maclado, alterado a hornblenda y clorita debido a efecto hidrotermal. El ortopiroxeno (3,0 a 9,2%) es xenomorfo a subidiomorfo de color verde (enstatita), buen clivaje. Tan solo la muestra IGM-159622 no presenta ningún tipo de piroxeno. Como minerales accesorios presenta circón, titanita, apatito y opacos. Como minerales de alteración es común encontrar clorita, epidota, sericita, saussurita y caolín.

En la quebrada El Niple, por la vía Totarco-loma El Tigre, se encuentran afloramientos de la cuarzomonzonita con fuerte fracturación, que deja bloques de roca de hasta un metro de diámetro, con fractura concoidea. De igual manera, al oeste, en el río Meche (Estación JGB-357), se observan lisos de falla en una roca clasificada como cuarzomonzonita de color gris verdoso, con mayor contenido de piroxeno. Comúnmente presenta una meteorización esferoidal, y se diferencian fragmentos de roca con forma de bolos dentro de una matriz terrosa o arcillosa de grano medio a grueso y color ocre-anaranjado característico.

En la figuras 3a y 3b se observa el aspecto macroscópico de las muestras tomadas en la Cuarzomonzonita

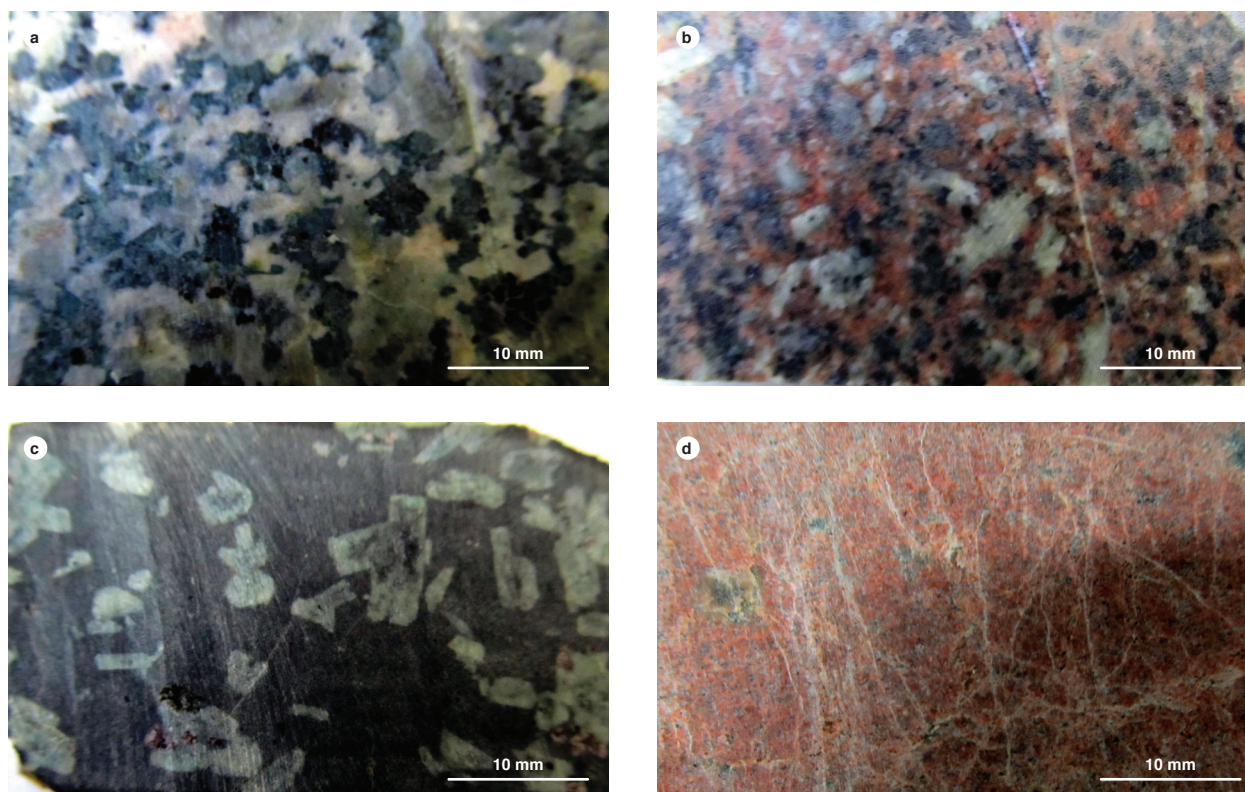


Figura 3. Aspecto macroscópico de las rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano

a) IGM-900824 cuarzomonzodiorita. b) IGM-900825 cuarzomonzonita. c) IGM-900823 roca de dique andesítico. d) IGM-900826 sienogranito (dique potásico).

de San Cayetano, rocas holocristalinas de textura subidiomorfa granular, fanerítica de grano medio, de color gris-blanco a rosado, moteado de negro y blanco, compuestas principalmente por plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico; como minerales máficos clinopiroxeno, biotita y hornblenda.

El cuerpo está cruzado por dos tipos de diques. Uno de ellos tiene textura porfirítica, de color gris verdoso (figura 3c) compuesto por plagioclasa en grandes cristales, de hasta 15 mm, con buen clivaje, feldespato potásico y cuarzo anhedral y ovalado embebidos en una matriz parda de plagioclasa microcristalina a afanítica con ortopiroxeno de color verde intenso y venillas rellenas con carbonatos. La dirección de estos diques es N 60° E y corta diagonalmente la dirección general del cuerpo.

El otro tipo de dique (figura 3d) tiene textura granular, con cristales subidiomorfos, y está compuesto por cuarzo anhedral, feldespato potásico subidiomorfo y plagioclasa euhedral. Como accesorios opacos y como minerales de introducción, calcita y clorita relleno venillas. La dirección de estos diques es N 60° E, y corta diagonalmente la dirección general del cuerpo.

4.1. Características microscópicas

Se consideraron once muestras de secciones delgadas; seis del trabajo de Carvajal *et al.* (1993) y cinco del presente estudio. La localización de las muestras se presenta en la figura 1, y la composición modal junto con la discriminación de las rocas de dique en la tabla 1.

Se realizó análisis petrográfico a la totalidad de las muestras retomadas de la cartografía de la plancha 282-Chaparral de Carvajal *et al.* (1983), ya que en dicho estudio solamente se referían a su clasificación de campo, sin presentar la descripción ni el conteo modal; en general, estaban clasificadas como cuarzodioritas; no obstante, de acuerdo con este estudio se reclasifican como cuarzomonzonitas y monzonitas.

La unidad se caracteriza por presentar rocas de facies intermedias, constituidas por cuarzomonzonitas con monzonitas y cuarzomonzodioritas subordinadas (figura 4).

La textura general de la roca es hipidiomorfa a alotriomórfica fanerítica inequigranular de grano medio a fino, con texturas secundarias del tipo mirmequítica y simplectítica entre cuarzo y feldespato potásico; poiquilítica de opacos, apatito y plagioclasa en piroxenos y anfíboles, e inclusiones de piroxeno microcristalino y opacos en plagioclasas. Texturas mirmequíticas y gráficas por entrecrecimiento con cuarzo y exsolución de feldespato formando antipertitas. Los cristales más pequeños presentan mayor alteración y están muy empolvados. Ocasionalmente presenta bordes de reacción con feldespatos.

El cuarzo se presenta como cristales xenomorfos, como mineral tardío en cristalizar de manera intersticial, de tamaño entre 0,2 y 1,2 mm, limpios e incoloros con bajos colores de interferencia gris y blanco de primer orden, relieve moderado, extinción recta. A veces

Tabla 1. Composición modal de las rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano

IGM	Número De campo	Coordenadas		Qtz	Pl	Kfs	Hbl	Cpx	Opx	Bt	Op	Ap	Ep	Zm	Cct	Chl	Ttn	Otros	Matriz	Clasificación petrográfica
		N	E																	
900824	JGB-357	899674	877410	4,8	48,4	23,2	9,0		6,0		3,2	0,4	Tr			4,6	0,4	Ser, Sau		Cuarzomonzodiorita con Px
900825	JGB-358	903902	867906	7,2	30,0	44,4	5,0	1,2	5,4	0,8	2,4	Tr		Tr		3,6		Ser, Sau		Cuarzomonzonita con Px
900827	JGB-359	903480	867637	11,2	38,4	34,4	8,0	1,4	3,0	1,6	2,0	Tr	Tr	Tr		Tr	Tr	Ser		Cuarzomonzonita
76845	HP-4706*	901740	868645	7,4	31,0	52,0		1,2			1,6	Tr	Tr	Tr		6,8	Tr	Sau		Cuarzomonzonita
100740	GJ-29*	890600	863200	5,0	28,0	47,8		10,4			2,0	Tr	Tr	Tr		6,8	Tr	Ser		Cuarzomonzonita con Cpx
159619	JF-178*	897620	879180	2,5	29,7	51,0			9,2		2,4	Tr	Tr			5,2	Tr	Ser, Sau		Monzonita con Px
159622	JF-193*	900870	877490	18,8	31,6	46,0					1,2		2,0	Tr		0,4	Tr	Óxidos Fe.		Cuarzomonzonita
159623	JF-194*	901520	876710	4,4	29,2	37,2	5,0	13,2			3,6	1,2	3,6	Tr		2,6	Tr	Ser, Sau, Óxidos Fe		Cuarzomonzonita con Cpx
Rocas de dique																				
900823	JGB-356	897068	878840		29,9	3,2			2,4		1,7	Tr	Tr			Tr	Tr		62,8	Andesita
900826	JGB-358A	903902	867906	30,0	10,8	54,8					Tr		2,0	Tr	2,0	0,4				Sienogranito
76846	HP-4707*	901740	868645	5,0	64,4	10,6					3,2	Tr	12,8		3,6	0,0	Tr	Ser, vidrio	59,2	Basalto porfídico

* Secciones delgadas tomadas de la cartografía de la plancha 282 (Carvajal *et al.*, 1983)

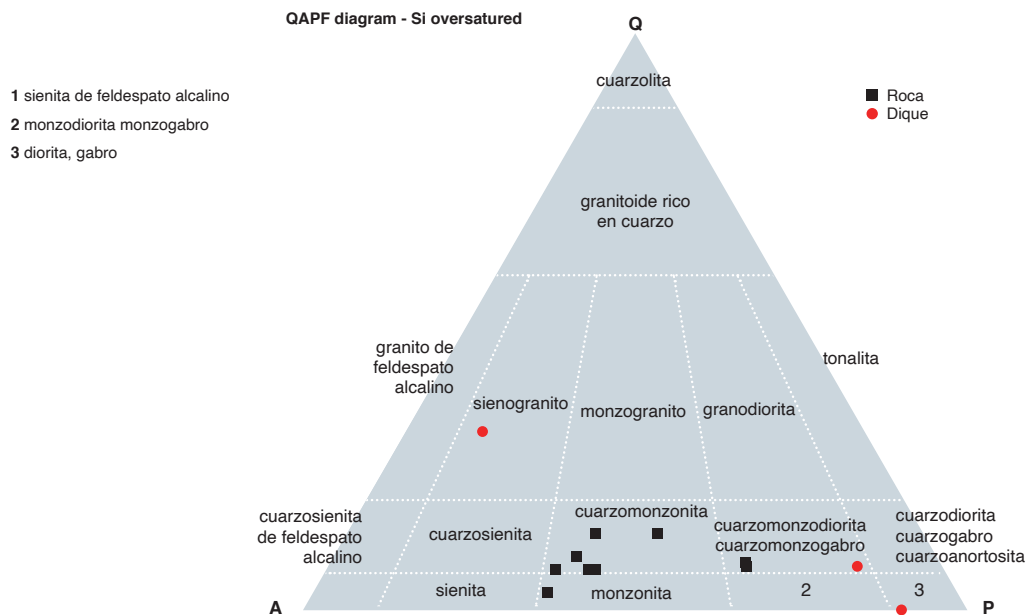


Figura 4. Clasificación modal Cuarzomonzonita de San Cayetano (Streckeisen, 1974)

aparece como microcristales en fracturas, presentando extinción ondulatoria o rellenando venillas junto a calcita. Presenta inclusiones de microcristales de apatito y circón de forma ovoide, otras veces de epidota y opacos. Presenta textura gráfica de intercrecimiento con feldespatos (figura 5a) y mirmequitas en plagioclasa.

La plagioclasa es de composición oligoclasa (An12-An20), varía entre 29,2 y 48,4%, aparece como cristales subhedrales a euhedrales de tamaño que varía entre 0,4 y 4,2 mm, y esporádicamente mayores de 5,0 mm, con macla de albita y albita-Carlsbad. La mayoría de los cristales se encuentran parcial a totalmente alterados a sericita-saussurita, lo cual le confiere un tono marrón al cristal; en otros casos se presentan totalmente caolinizados. En los cristales más frescos se observan colores de interferencia bajos gris de primer orden, bajo relieve. Presenta entrecrecimiento antipertítico con feldespatos que forman delgadas lamelas paralelas, frecuentemente con inclusiones de opacos, clinopiroxeno, apatito, circón y epidota, que generan texturas poiquiliticas. Esporádicamente, algunos cristales muestran macla de penetración o de Baveno (figura 5b), formada por cristales distintos interpenetrados con superficie de unión irregular.

El contenido de feldespato potásico es dominante y varía entre 23,2 y 52,0%. Se presenta en cristales subhedrales a anhedrales, ocasionalmente euhedrales de hábito tabular, de tamaño que varía entre 0,4 y 3,4 mm,

empaños por alteración a caolín; algunas veces crean bordes oscuros de material arcilloso en los cristales; los menos alterados lucen bajos colores de interferencia gris de primer orden, bajo relieve, macla del tipo Carlsbad y extinción recta. Algunos cristales presentan bordes de reacción con cuarzo e inclusiones de apatito con hábito prismático alargado, clinopiroxeno, cuarzo y opacos. Presenta fracturas que algunas veces se encuentran rellenas de cuarzo (figura 5c) y clorita. Forma texturas micrográficas por intercrecimiento con cuarzo, y pertitas por intercrecimiento con plagioclasa.

Como minerales máficos se encuentra hornblenda con contenidos entre 5,0 y 9,0%, o puede no estar presente. Es de color verde con leve pleocroísmo a marrón, y colores de interferencia naranja, rojo y violeta anómalos de segundo orden, subhedral de hábito tabular y de apariencia esquelética, con tamaños que varían entre 0,2 y 4,2 mm, crecimiento de opacos a lo largo del clivaje en el eje mayor e inclusión de opacos y apatito que le otorgan textura poiquilitica. Se altera a clorita.

El clinopiroxeno también se presenta en porcentajes considerables en algunas rocas, desde 1,2 hasta 13,2%, o puede estar ausente. Es del tipo augita y aparece como cristales subhedrales de hábito tabular, con tamaños que varían entre 0,5 y 1,7 mm, incoloros a verde pálido, no pleocroicos, con colores de interferencia amarillo, rojo-púrpura y azul de segundo orden, relieve alto a modera-

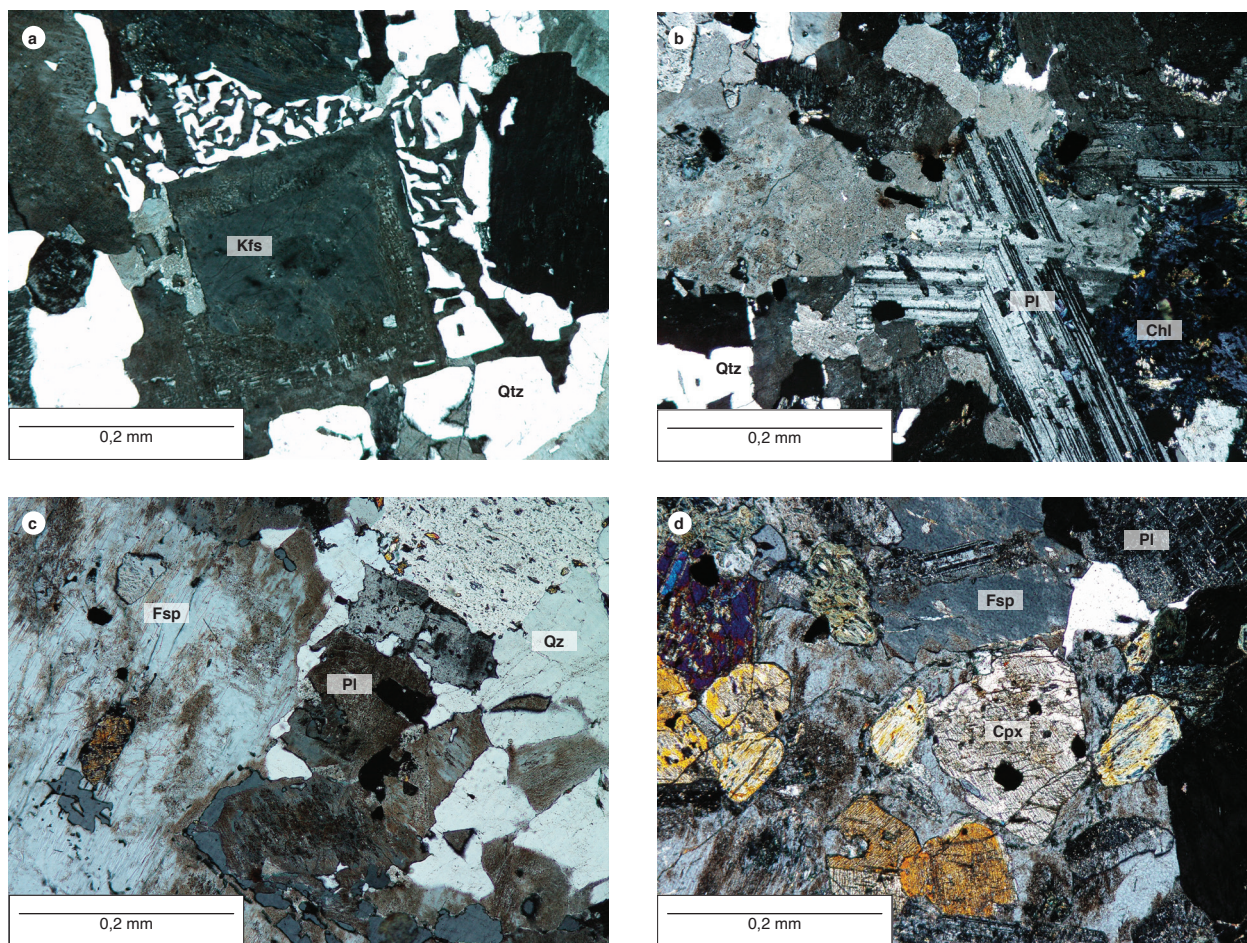


Figura 5. Aspecto microscópico de rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano

a) IGM-900827 cuarzomonzonita. XPL-5X. Textura gráfica alrededor de un cristal de feldespato potásico. b) IGM-76845 cuarzomonzonita. XPL-5X. Cristal de plagioclasea con macla de penetración e inclusiones de epidota. c) IGM-76845 cuarzomonzonita XPL-5X. Cristales de Feldespato (Fsp), cuarzo (Qtz) y plagioclasea (Pl). d) IGM-900827 cuarzomonzonita XPL-5X. Textura subidiomórfica granular. Cristales de clinopiroxeno (Cpx), plagioclasea (Pl) y feldespato caolinizado (Fsp).

do, clivaje bien desarrollado, inclusiones de cuarzo, apatito, circón y opacos. Comúnmente son manchados y de aspecto terroso por alteración a clorita y anfíbol (uralitización).

El contenido de ortopiroxeno (hiperstena) varía de 3,0 a 9,2%, aunque está ausente en cuatro muestras de roca del cuerpo principal, y aparece solo en una roca de dique (IGM-900823) con 2,4%. Se presenta como cristales anhedrales a subhedrales de 0,5 mm a 2,9 mm de tamaño, de color bronce o rosa muy pálido, con leve pleocroísmo a verde claro, buen clivaje en una dirección, colores de interferencia gris a amarillo de primer orden, con presencia de mayor birrefringencia en los bordes del cristal, lo cual posiblemente indica mayor contenido de hierro. Presenta texturas poiquilíticas con numerosas inclusiones de plagioclasea, apatito y opacos. Se altera parcialmente a clorita.

La biotita es escasa, entre 0,8 y 1,6%, solo está presente en las muestras IGM-900825 e IGM-900827, se presenta como cristales subhedrales de hábito laminar, con tamaños de 0,5 a 1,0 mm, de color marrón rojizo con pleocroísmo a bronce o marrón más claro, también se presenta biotita roja con pleocroísmo a rosa de aspecto moteado asociada a opacos y clinopiroxeno, colores de interferencia rojos de segundo orden. Tiene buena exfoliación, relieve medio, y se encuentra asociada a feldspatos y cuarzo. Se altera a clorita (figura 5d).

Como minerales accesorios se destaca el apatito, con un contenido que varía desde trazas hasta 1,2% (IGM-159623), ausente únicamente en las muestras IGM-159622 e IGM-900826 (dique). Corresponde a microcristales prismáticos alargados y delgados, con tamaños entre 0,1 y 0,4 mm o hexagonales en corte basal de ma-

yor tamaño, con diámetros de hasta 0,8 mm (figuras 6a y b). Es incoloro, con bajos colores de interferencia gris y blanco de primer orden, extinción recta, moderado a alto relieve, no alterado. Se presenta como inclusiones en plagioclasa, feldespatos, cuarzo y clinopiroxeno. Numerosas inclusiones de apatito y opacos generan texturas tipo cedazo en clinopiroxeno. Se presenta distribuido en forma aleatoria en toda la roca.

La epidota se presenta como masas xenomorfas granulares, algunas veces como nidos junto a cuarzo y feldespatos (IGM-900623). Su contenido llega hasta 3,6%, pero la mayoría de las muestras la contienen en trazas, y tan solo en la muestra IGM-900825 no se encontró. Es

de color marrón a amarillo-verdoso, con leve pleocroísmo a tonos más claros, colores de interferencia brillantes amarillo, rojo y azul de segundo y tercer orden, alto relieve, extinción recta y ondulatoria. Se encuentra asociada a clorita y opacos (figuras 6c y d).

El circón está presente en trazas como cristales ovalados y hexagonales, incoloros, con elevados colores de interferencia naranja, violeta, amarillo y azul de segundo y tercer orden, elevado relieve. Comúnmente presenta halos negros pleocroicos que posiblemente correspondan a halos metamórficos. Está incluido en clinopiroxeno y plagioclasa.

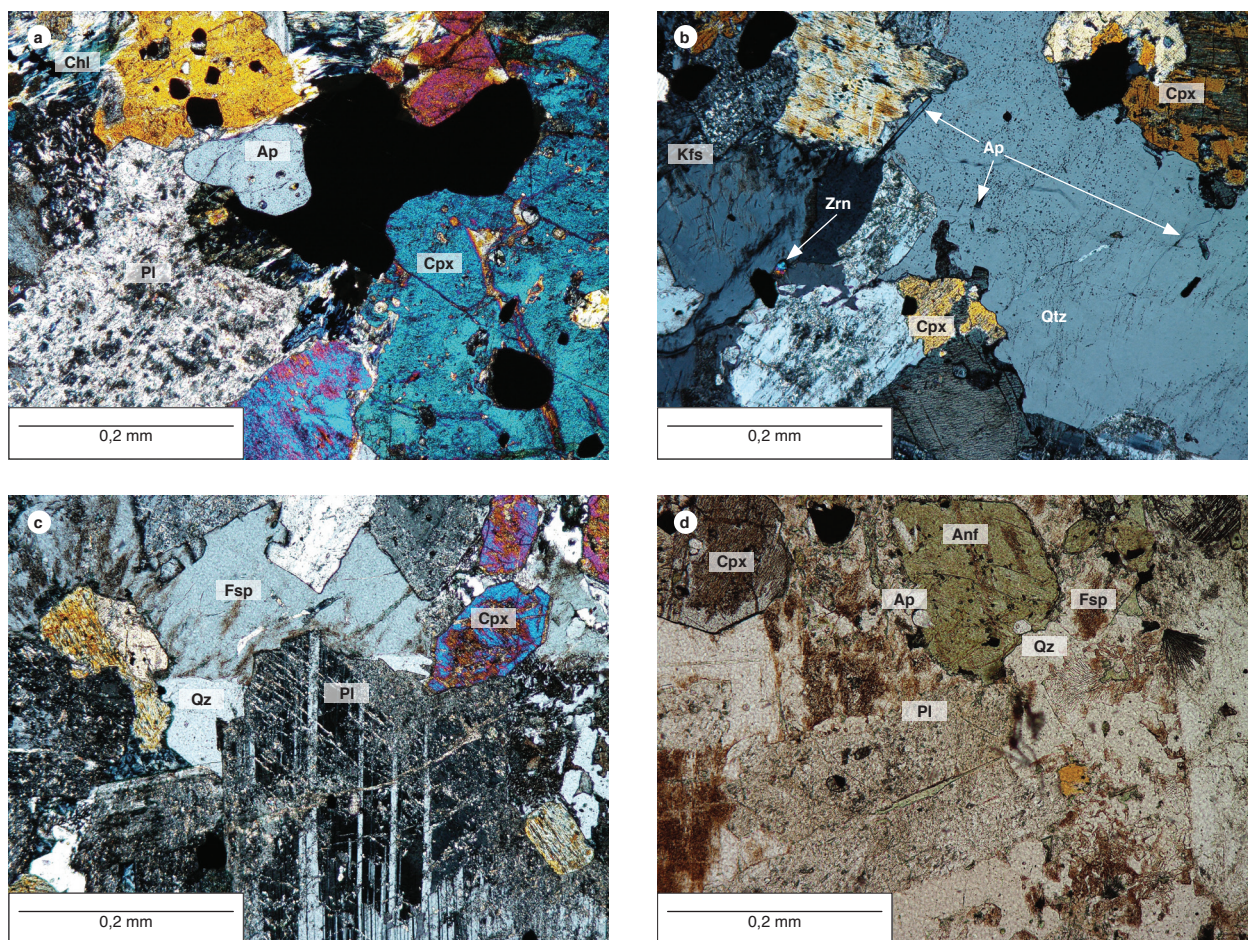


Figura 6. Minerales accesorios en rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano

a) IGM-900824 cuarzomonzodiorita con Px. PPL-5X. Apatito de 0,8 mm, ortopiroxeno (hiperstena), opacos y clorita. b) IGM-100740 cuarzomonzonita con Cpx. XPL-5X. Cuarzo con inclusiones de apatito; clinopiroxeno, plagioclasa, biotita cloritizada y feldespato potásico con inclusiones de circón. c y d) IGM-900827 cuarzomonzonita. XPL-PPL-5X. Inclusiones de opacos en megacristal de plagioclasa con leve alteración a epidota.

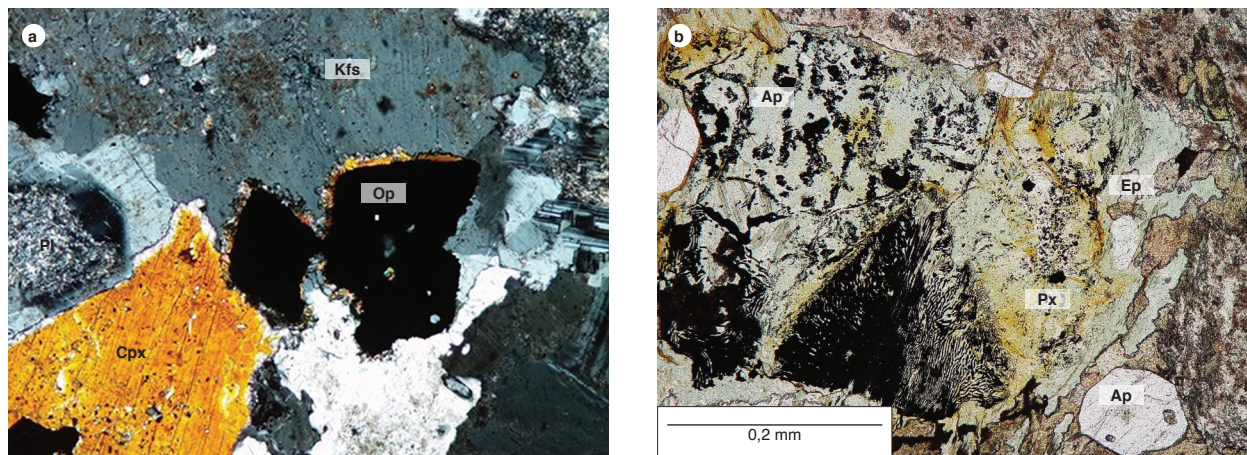


Figura 7. Características de los opacos en la Cuarzomonzonita de San Cayetano

a) IGM-159623 cuarzomonzonita con Cpx. XLP-5X. Aspecto microscópico de los opacos con microcristales de clinopiroxeno y clorita en los bordes e inclusiones de circón y apatito; junto a clinopiroxeno, plagioclasa y feldespato. b) IGM-900824 cuarzomonzodiorita con Px. PPL-5X. Textura de reemplazamiento en ortopiroxeno cloritizado, apatito de hábito hexagonal con bordes oxidados, epidota y plagioclasa.

La mayoría de las muestras presentan titanita con contenido menor a 0,4%. La titanita se presenta como un mineral anhedral a euhedral, de color marrón claro levemente pleocroico a marrón más oscuro que enmascara el color de birrefringencia. Muestra alto relieve, birrefringencia extrema, extinción recta y buen clivaje. Se encuentra frecuentemente asociado con cuarzo, clorita, opacos y plagioclasa. Presenta inclusiones de apatito.

Los opacos, con contenidos desde 1,2 a 3,6%, se presentan como masas xenomorfas inequigranulares de hasta 1,6 mm; también como cristales euhedrales cúbicos y rómbicos de 0,4 mm, isotrópicos, algunos como inclusiones en feldespatos, cuarzo, plagioclasas o en ortopiroxeno, que junto con apatito originan texturas poiquiliticas. Esporádicamente presentan texturas de reemplazamiento, como coronas semejantes a halos de pequeños cristales de clinopiroxeno y con los bordes de los opacos corroídos por feldespatos (figuras 7a y b).

Como mineral de alteración se presenta la clorita en porcentajes que varían de 0,4 a 6,8%, por alteración de piroxenos, hornblenda y biotita; tiene buena exfoliación. También se presenta la clorita como masas xenomorfas de color verde no pleocroico, con colores de interferencia anómalos. Localmente presenta hábito radial y extinción ondulatoria. La sericita, la saussurita y el caolín están presentes como un agregado fino por alteración de plagioclasa y feldespato; estos minerales empañan los cristales, pues les dan un aspecto sucio y borroso que cubre las propiedades de los minerales. La epidota, con

contenido de hasta 3,6%, se presenta por alteración de plagioclasa. En los diques, la asociación de clorita, epidota y calcita significa que la roca ha sufrido alteración propilitica.

Diques. La Cuarzomonzonita de San Cayetano se encuentra atravesada por diques de composición granítica y andesítica en el cuerpo oriental, y de tipo basáltico en el occidental. Se analizaron tres muestras de rocas de dique, que petrográficamente se clasificaron como andesita, sienogranito y basalto porfídico (tabla 1 y figura 4). Los diques presentan espesores de hasta 40 cm, y en general tienen dirección N 60 E. Es posible inferir que la intrusión se deba a procesos tectónicos, dada la cercanía de una falla de orientación NW, que coincide con la dirección general del cuerpo principal oriental. Los diques, a su vez, se encuentran cruzados por diaclasas con orientación N 40 W/90 y N 40 E/90, y se puede observar leve orientación de los cristales, lo cual indica la presencia de deformación.

La roca IGM-900823 (figuras 8a y b), clasificada como una andesita, es de color gris verdoso, con textura porfirítica gruesa y con fenocristales de plagioclasa y feldespato flotando en una matriz de grano muy fino de plagioclasa, ortopiroxeno y opacos, cruzada por venas rellenas de óxidos. Está compuesta por 29,9% de plagioclasa (An₂-An₃₆ albita-andesina) como fenocristales incoloros de bajo relieve, con colores de interferencia gris y blanco de primer orden, extinción ocasionalmente ondulatoria, con macla de albita y albita-Carlsbad. Lo-

calmente presenta texturas poiquiliticas por inclusión de opacos. También se presenta como cristales de grano fino en la pasta de la matriz. El feldespato potásico (sanidina), con contenido de 3,2 %, aparece como cristales subhedrales a euhedrales de hábito prismático, de aspecto terroso por alteración a minerales arcillosos, con color de interferencia gris de primer orden, relieve bajo. Presenta fracturas ortogonales al eje mayor de los cristales. El ortopiroxeno (2,4%) se presenta como masas anhedrales a subhedrales de color verde, con leve pleocroísmo a verde más claro, con colores de interferencia azul, amarillo y rojo de segundo orden, buen clivaje, extinción recta e inclusiones de circón y apatito. Es común que presente fracturas irregulares con ligera alteración a clorita. Como minerales accesorios se observan pequeños cristales de apatito de hábito prismático hexagonal incluido en plagioclasa, o como listones incoloros con relieve moderado; titanita como agregado fino xenomorfo distribuida en toda la roca, apatito, epidota, circón y opaco.

Como minerales de alteración se presentan los siguientes minerales: titanita, producto de alteración de ortopiroxeno; es de color marrón no pleocroico con extinción recta y ocasionalmente se encuentra cruzada por venillas de opacos. Clorita, producto de alteración de ortopiroxeno; se encuentra distribuida uniformemente en la matriz; se observan escamas de clorita en ortopiroxeno y a veces se presenta en plagioclasa y feldespatos rellenando venillas junto con cuarzo y calcita (figura 9). Calcita, presente como masas xenomorfas incoloras, clivaje bien desarrollado en dos direcciones, colores de interferencia de tercer orden con irisaciones en los planos de clivaje; otras veces aparece bordeando opacos junto con clorita. Son comunes las pátinas de saussurita y sericita como alteración de feldespato y plagioclasa.

La roca IGM-900826 corresponde a un dique sienogranítico feldespático con textura granular de tipo mosaico, de color rosado con alto contenido de cuarzo (30,0%), feldespato (54,8%) y plagioclasa (10,8%), con epidota y circón como accesorios y cruzada por venillas carbonáticas, algunas veces con clorita (figuras 8c y d). El cuarzo se presenta distribuido en toda la roca, xenomorfo incoloro, limpio, con bajos colores de interferencia gris y blanco de primer orden, extinción recta, bajo relieve. También aparece como microcristales rellenando venillas, junto a calcita. El feldespato potásico se presenta como cristales subhedrales, generalmente de tonos marrones y de aspecto terroso por alteración a caolín,

con colores de interferencia gris de primer orden, relieve bajo, macla simple e inclusiones de epidota. La plagioclasa es de composición albita-andesina (An7-An33) se presenta como cristales o microlitos euhedrales a subhedrales de aspecto terroso por alteración a sericita, bajos colores de interferencia: gris y blanco de primer orden, de bajo relieve $n > b$, macla de albita y albita-Carlsbad, extinción recta y ondulatoria. Asimismo, hay plagioclasas zonadas con inclusiones de apatito y opacos que regularmente generan texturas poiquiliticas. Se observa intercrecimiento antipertítico con feldespatos.

Como minerales accesorios se presentan epidota anhedral de color verde no pleocroica, colores de interferencia rojo, amarillo, azul y violeta de segundo y tercer orden, alto relieve; circón como cristales ovalados incoloros con halos metamicticos, colores de interferencia azul, amarillo y rojo de tercer orden, elevado relieve; y opacos como masas xenomorfas o subhedrales con bordes de clorita.

Como minerales de introducción se encuentra calcita en masas xenomorfas incoloras rellenando microfracturas y venillas junto a cuarzo y clorita. Como minerales de alteración se presentan clorita, asociada a opacos intercrecida con epidota, y sericita-saussurita.

La roca IGM-76846 corresponde a un dique de textura microporfídica compuesta por fenocristales de plagioclasa en matriz cristalina fino-granular felsítica compuesta por plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo.

La plagioclasa del tipo labradorita (An52) se encuentra como microfenocristales euhedrales incoloros, con bajos colores de interferencia gris de primer orden, extinción recta, ocasionalmente zonados, maclados según la ley de albita y albita-Carlsbad, frecuentemente con bordes corroídos por la matriz y muy fracturados, con inclusiones de epidota y opacos; o como cristales subhedrales a anhedrales de grano fino formando la pasta de la matriz. Presenta intercrecimiento antipertítico con feldespatos.

El feldespato potásico se encuentra como cristales xenomorfos incoloros con tinción marrón claro por alteración a minerales de arcilla, bajos colores de interferencia gris de primer orden y relieve bajo. Ocasionalmente presenta intercrecimiento pertítico con plagioclasa.

El cuarzo se halla como cristales xenomorfos incoloros y limpios, colores de interferencia de primer orden, relieve bajo y extinción recta. Se encuentra rellenando venillas, junto a calcita y epidota.

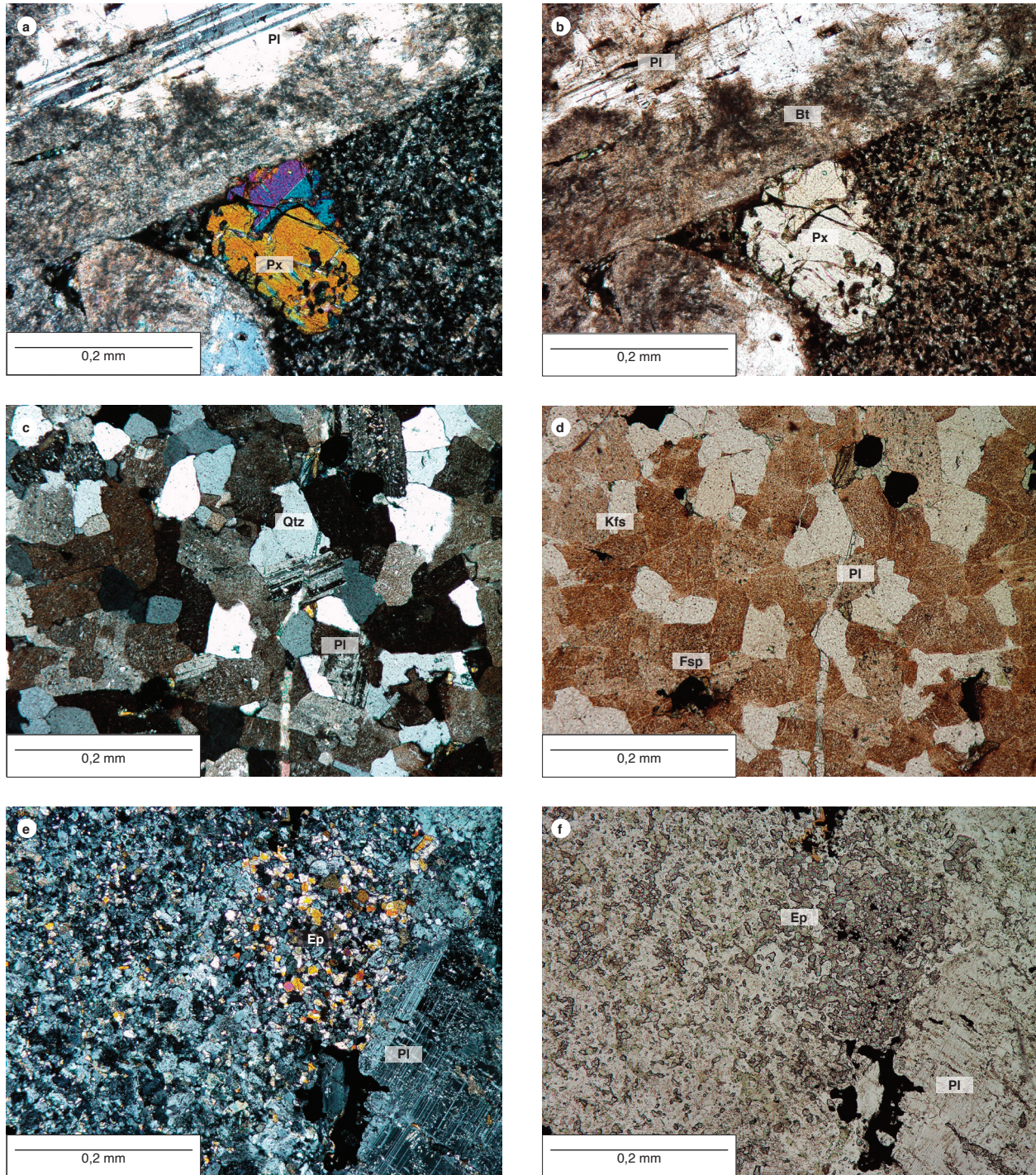


Figura 8. Aspecto microscópico de las rocas de dique

a y b) IGM-900823 andesita. XPL-PPL- 5X. Fenocristales de plagioclasa alterada y piroxeno en matriz microcristalina de plagioclasa. c y d) IGM-900826 sienogranito. XPL-PPL- 5X. Textura granular formada por cristales de cuarzo, plagioclasa con fracturas abiertas rellenas de calcita, opacos y feldespato alterado. e y f) IGM-76846 basalto porfídico. XPL-PPL- 5X. Fenocristal de plagioclasa en matriz fino-granular de plagioclasa con nidos de epidota y cuarzo.

Como mineral accesorio se presenta epidota en finas masas amorfas de aspecto granular incoloras a verde limón, frecuentemente distribuida formando, junto a cuarzo, nidos entre feldespato, plagioclasa y cuarzo (figuras 8e y f). Ocasionalmente se encuentran minerales de mayor tamaño, con opacos incluidos. La titanita se presenta como masas xenomorfas de color marrón no pleocroico y colores de interferencia amarillo y rojo de primer orden, de aspecto terroso, relieve moderado, frecuentemente bordeando opacos. El apatito se halla como microcristales idiomorfos incoloros de hábito prismático alargado (listones), en corte basal de hábito hexagonal, colores de interferencia gris de primer orden y relieve moderado; se encuentran incluidos en plagioclasa y en la matriz. Los opacos se encuentran como masas amorfas intersticiales entre epidota o bordeando fenocristales de plagioclasa; comúnmente presentan titanita en sus bordes y están asociados a vidrio volcánico. Los opacos se presentan principalmente en este dique basáltico con contenidos de 3,2%; los hay de dos tamaños: los más grandes, $\geq 0,1$ mm, de forma cúbica, con bordes oxidados y titanita, y los más pequeños, $\leq 0,0125$ mm, xenomorfos y distribuidos en toda la matriz.

Como mineral de introducción se presenta calcita en masas xenomorfas rellenando fracturas y venillas en la matriz o bordeando opacos junto a clorita. Es incolora con colores de interferencia violeta, verde y amarillo de segundo y tercer orden y relieve basculante. Localmente se presenta titanita rellenando venillas junto a cuarzo. Como mineral de alteración se presenta sericita como agregado granular fino empañando plagioclasa y otorgándole un tono marrón.

La matriz es microcristalina a criptocristalina, constituida esencialmente por plagioclasa, epidota, cuarzo y vidrio desvitrificado.

5. Geoquímica

Los análisis químicos fueron practicados por el Laboratorio de Química del Servicio Geológico Colombiano, sede Bogotá. Para la determinación de los óxidos mayores se utilizó la técnica por fluorescencia de rayos X-FRX, y sus contenidos se presentan en porcentaje en peso de la muestra, mientras que para la detección de elementos traza y tierras raras se usó la de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS. Para el uso de los diagramas de óxidos mayores se les efectuó la corrección por pérdida de ignición (LOI). La tabla 2 presenta los resultados de los análisis químicos de cinco muestras de roca colectadas en el presente trabajo, y la figura 1 muestra su localización.

5.1. Clasificación geoquímica

Las rocas plutónicas se clasificaron químicamente de acuerdo al contenido total de álcalis contrastado con el contenido total de sílice, usando el diagrama TAS de Middlemost (1994), con lo cual se pudo confirmar la caracterización petrográfica de un cuerpo de cuarzomonzonita con cambio de facies a cuarzomonzodiorita, cuarzomonzonita y monzodiorita (figura 10a).

De acuerdo con el diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971), las rocas hacen parte de la serie calcoalcalina (figura 10b), que agrupa rocas formadas a partir de magmas basálticos sobresaturados en sílice (49,53 a 61,20% Wt),

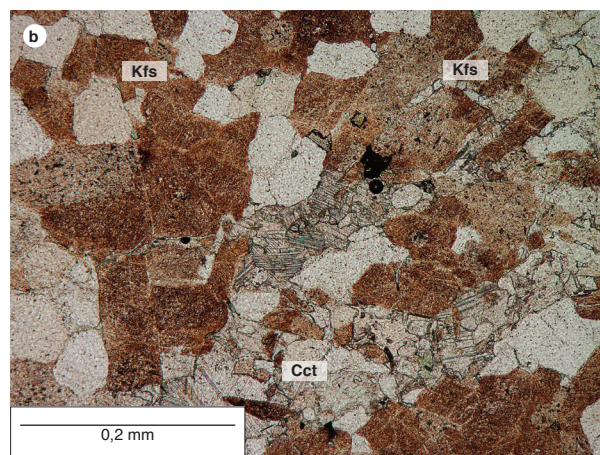
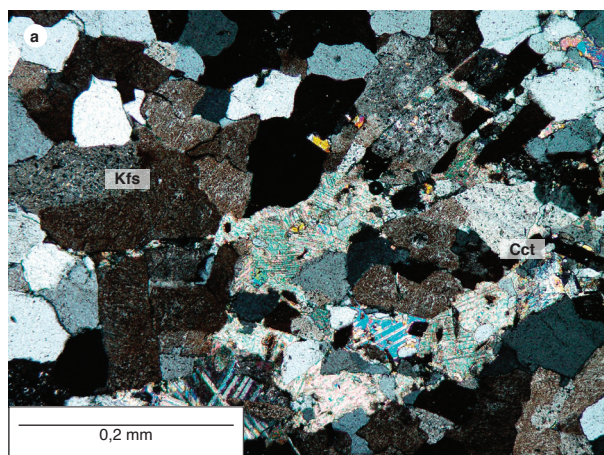


Figura 9. Venas de calcita asociada a feldespato y cuarzo IGM-900826 sienogranito. XPL y PPL-5X.

altos contenidos en $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (5,5 a 8,4% Wt), baja relación $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$ (0,11-0,13% Wt) y enriquecimiento en hierro $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (8,86-15,9% Wt). El contenido bajo de MgO (2,32-4,44% Wt), #Mg (53,29-59,37), Ni (12-34 ppm) y Cr (27-57 ppm) indican que estas rocas fueron diferenciadas y que no son magmas primarios derivados directamente del manto.

Respecto a las rocas de dique, la muestra IGM-900826 presentó contenido de MgO (0,38% Wt), #Mg (47,13), Ni (1,2 ppm) y Cr (2,6 ppm). Estos valores indican un magma más evolucionado (Kelemen *et al.*,

2003). Por su parte, la muestra IGM-900823 evidencia un carácter calco-alcalino, con un progresivo enriquecimiento en álcalis y alto contenido de Al_2O_3 (19,27% Wt); no proviene claramente de un magma primario y corresponde a una roca intermedia originada en zona de subducción o bordes destructivos de placa.

De acuerdo con la clasificación de Shand (1943), el índice de saturación de alúmina muestra impronta metaluminosa, donde $A < \text{CNK}$, pero $A > \text{NK}$ (figura 11 a), que también permite vincularlos con granitos tipo I generados a partir de los fluidos provenientes de la cuña estenosférica.

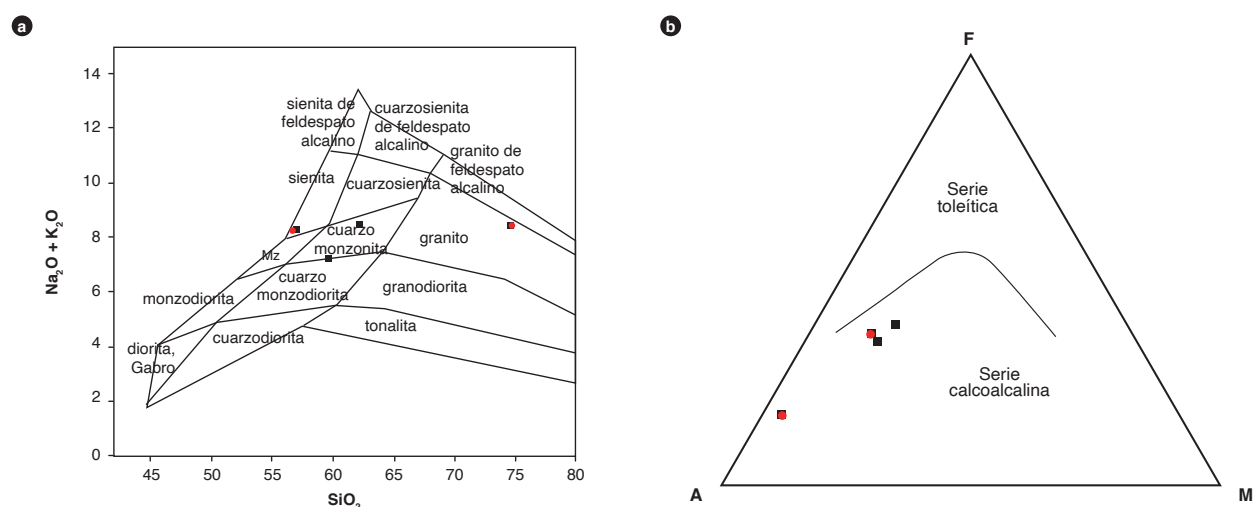


Figura 10. Diagramas de clasificación química

a) Diagrama TAS correspondiente a rocas plutónicas de Middlemost (1994). b) Diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971) para discriminar entre las series toleítica y calcoalcalina.

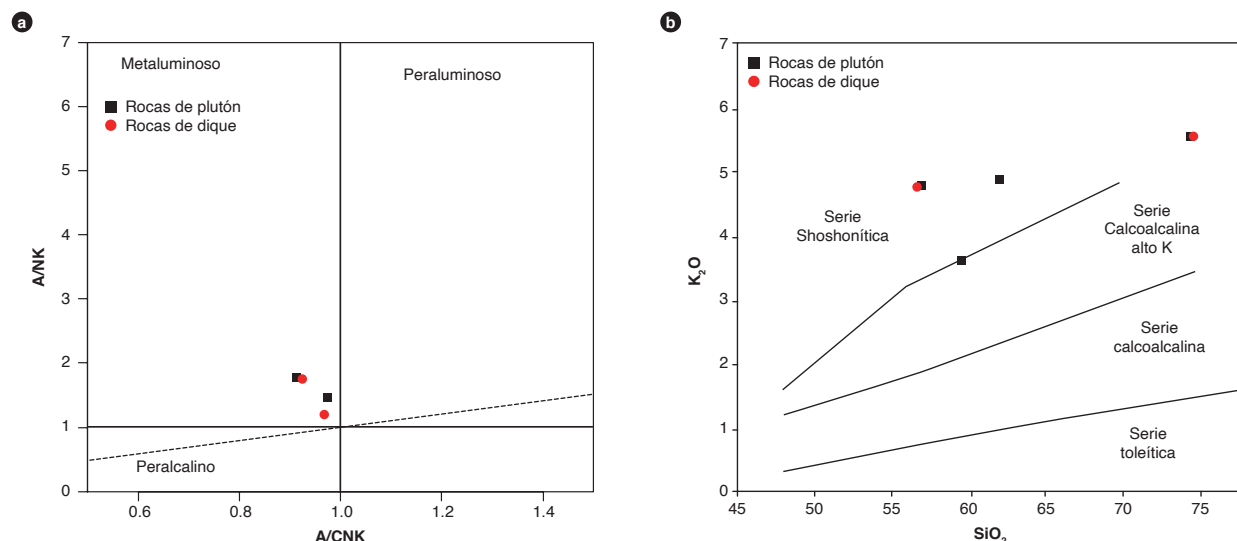


Figura 11. Diagrama de alcalinidad-aluminosidad y diagrama K_2O Vs SiO_2 . Fuente: Shand (1943) y Peccerillo y Taylor (1976).

Las características petrográficas también se reflejan en el diagrama de Peccerillo y Taylor (1976), en el que las rocas de dique corresponden al campo de la serie shoshonítica con valores altos en K_2O entre 2,27 y 4,75 %

Wt y hasta 5,5 % Wt en los diques (figura 11b), mientras que dos de tres muestras de las rocas del plutón se encuentran entre el límite de la serie calcoalcalina y shoshonítica.

Tabla 2. Análisis químicos de roca total de elementos mayores y trazas de las rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano por medio de ICP-MS

Muestra	900824	900825	900827	900823	900826
Óxido	Cuarzomonzodiorita ■	Cuarzomonzonita ■		Diques ●	
SiO ₂	49,53	61,20	58,26	56,72	74,78
TiO ₂	1,08	0,84	0,80	0,88	0,23
Al ₂ O ₃	16,39	16,21	17,20	19,27	12,92
Fe ₂ O ₃	10,02	6,04	6,40	6,16	1,92
MgO	4,44	2,32	2,45	1,90	0,38
CaO	7,98	3,05	5,05	5,44	1,40
Na ₂ O	3,27	3,60	3,55	3,54	2,92
K ₂ O	2,27	4,79	3,54	4,75	5,56
P ₂ O ₅	0,65	0,24	0,27	0,55	0,05
MnO	0,29	0,20	0,18	0,20	0,07
FeO	5,89	2,83	3,84	2,34	0,77
LOI	1,85	1,31	1,55	1,72	0,99
Total	101,81	101,31	101,54	101,74	101,00
V	237	91	105	114	13
Mo	<2	5	4	2	<2
Nb	4	13	11	7	16
Ta	<7	<7	<7	<7	<7
W	11	11	13	<8	27
Zr	134	428	422	219	195
Hf	<8	10	<8	<8	<8
Li	12	28	23	25	8,8
Be	1,8	3	2,8	2,1	3,3
Sc	33	18	19	15	5,9
Cr	57	27	34	12	2,6
Co	31	17	20	16	8
Ni	34	12	15	10	1,2
Cu	297	78	72	80	9,3
Zn	99	68	69	85	30
Ga	22	19	22	21	16
As	19	12	22	4,9	13
Rb	76	184	141	126	208
Sr	967	460	510	1087	179
Y	30	26	27	24	41
Cd	0,17	0,14	0,11	0,22	0,5
In	0,075	0,046	0,046	0,043	0,022
Cs	0,76	5,2	4	0,99	1,8
Ba	944	875	614	1519	707
La	46	41	44	41	46
Ce	88	81	80	74	90
Pr	12	10	10	10	11
Nd	50	37	36	40	36
Sm	11	8,2	7,7	8,3	7,3
Eu	2,9	1,7	1,7	2,7	1,2
Gd	9,1	7	6,8	7,2	7,2
Tb	1,3	1,1	1	1	1,2
Dy	6,7	5,7	5,4	5,3	7,2
Ho	1,4	1,2	1,1	1,1	1,6
Er	4,2	3,5	3,4	3,3	5,4
Tm	0,55	0,5	0,48	0,45	0,86
Yb	3,6	3,4	3,2	3	6,2
Lu	0,55	0,51	0,5	0,47	0,98
Tl	0,19	0,37	0,28	0,25	0,69
Pb	15	17	11	16	21
Bi	0,077	0,032	0,014	0,05	0,019
Th	6,6	22	20	7,6	48
U	1,6	4,3	5	2,1	12

5.2. Geoquímica de las tierras raras y elementos traza

Las rocas fueron normalizadas con respecto a las concentraciones de tierras raras (REE) en el condrito, según Nakamura (1974), y mostraron patrones relativamente homogéneos, paralelos y estrechos, que sugieren que tienen un origen común. Las rocas están enriquecidas con elementos traza ligeros (REE) hasta cien veces con respecto al valor normalizado del condrito (figura 12a), comportamiento típico de rocas generadas en márgenes continentales (Gromet y Silver, 1987). En dicha figura puede observarse una distribución de los elementos de tierras raras con una tendencia creciente (patrón 1) y otra con una tendencia decreciente, desde las tierras raras livianas a las pesadas (patrón 2); muestran un patrón con pendiente negativa similar a la de los ambientes de arco. Los mayores enriquecimientos de LREE se deben al alto contenido de K_2O (Winter, 2001).

La mayor parte de las muestras exhiben patrones de enriquecimiento en elementos de las tierras raras livianas (LREE) y una ligera anomalía positiva en Pr. Tan solo el dique IGM-900826 se aleja del comportamiento general, pues muestra enriquecimiento en Ho, Er, Tm, Yb y Lu. Estas rocas presentan también pequeñas anomalías negativas de Eu y de Ce, lo cual sugiere, en el primer caso, el fraccionamiento de plagioclasa y clinopiroxeno, evidenciado por la presencia de plagioclasa como fenocristal en la andesita (Cullers y Graf, 2009), mientras que la anomalía de Ce indicaría la influencia de los sedimentos y fluidos acuosos de la placa en subducción (García *et al.*, 2015).

Los elementos traza normalizados y graficados en el diagrama N-MORB de Sun y McDonough (1989) (figura 12b) muestran una gran variabilidad, con enriquecimiento en LILE (Cs, Rb, Ba y Th) entre cien y ochocientas veces respecto a los valores de N-MORB. Los elementos de elevado potencial iónico (HFSE: desde el Dy hasta el Lu) son mucho menos variables y presentan una tendencia aplanada, ligeramente por encima de la composición del N-MORB de normalización.

El enriquecimiento en estos elementos LILE y de tierras raras (REE), así como valores muy altos en las relaciones LILE/HFSE, son características geoquímicas que apuntan hacia un origen de subducción (Gómez *et al.*, 2005).

Es destacable el pico negativo en Nb, P y Ti en todas las rocas analizadas, que también es un indicativo de magmas generados en ambientes de arco (Winter, 2001). De igual manera, el empobrecimiento en Ti refleja el fraccionamiento de los óxidos de Ti, e indica que la cristalización fraccionada jugó un papel importante en la petrogenesis de estas rocas.

5.3. Discriminación de ambiente tectónico

Para identificar el ambiente de generación de las rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano se utilizó el diagrama de Pearce *et al.* (1984) (figura 13a), gracias a lo cual se pudo determinar un contexto tectónico de granitos de arco volcánico (VAG), donde las muestras corresponden al campo de ambientes de subducción; según el diagrama de Batchelor y Bowden (1985) (figura 13b), convergen hacia el límite de granitos tipo orogénico tardío y pos colisional.

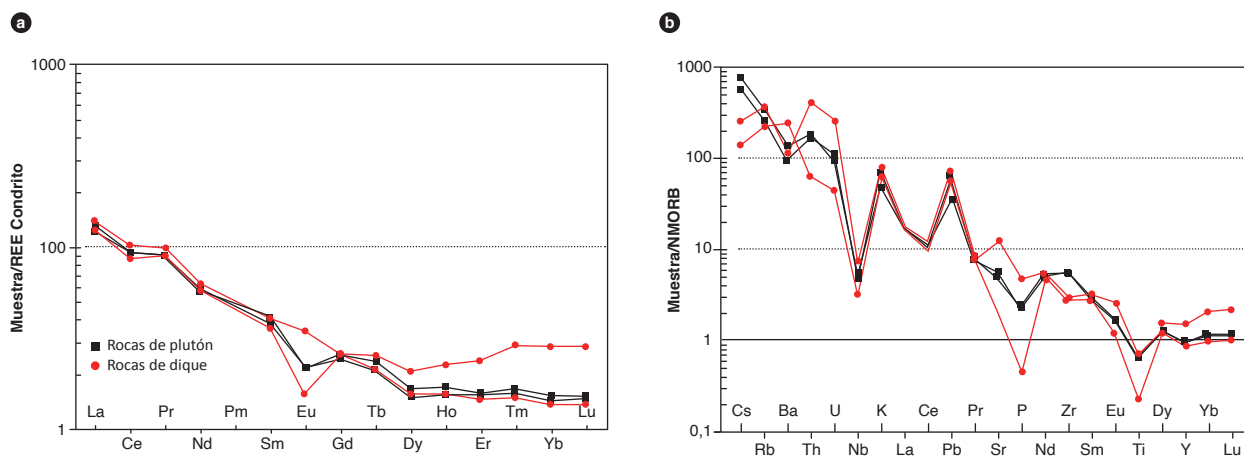


Figura 12. Diagrama correspondiente a tierras raras

a) Normalizado con respecto al condrito, según Nakamura (1974). b) N-MORB (Sun y McDonough, 1989).

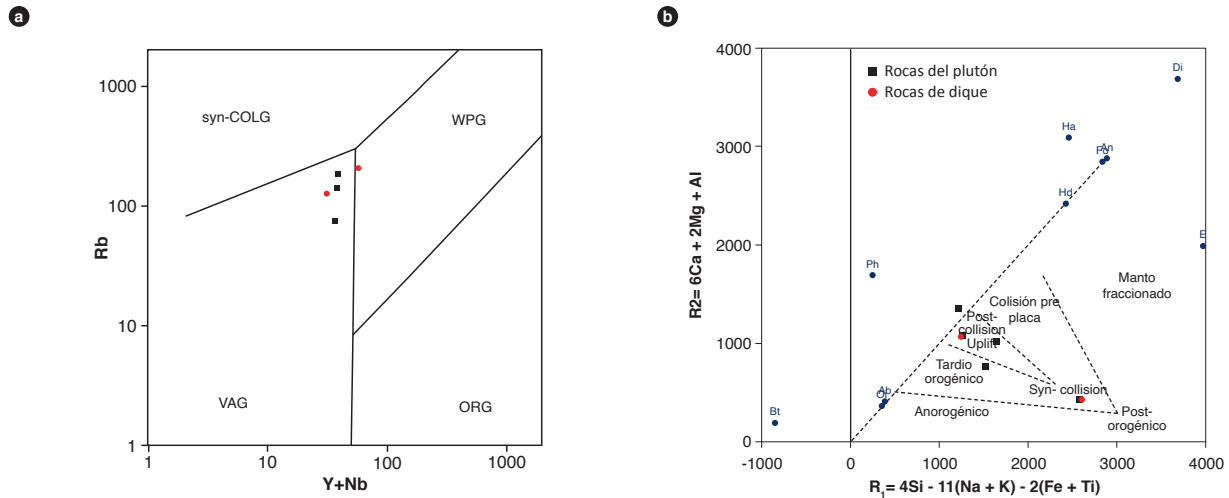


Figura 13. Diagramas de discriminación tectónica de la Cuarzomonzonita de San Cayetano a) Pearce *et al.* (1984). Las rocas analizadas están comprendidas en el campo de VAG (granitos de arcos volcánicos). b) Batchelor y Bowden (1985). Las muestras convergen hacia el límite de granitos tipo orogénico tardío y pos colisional.

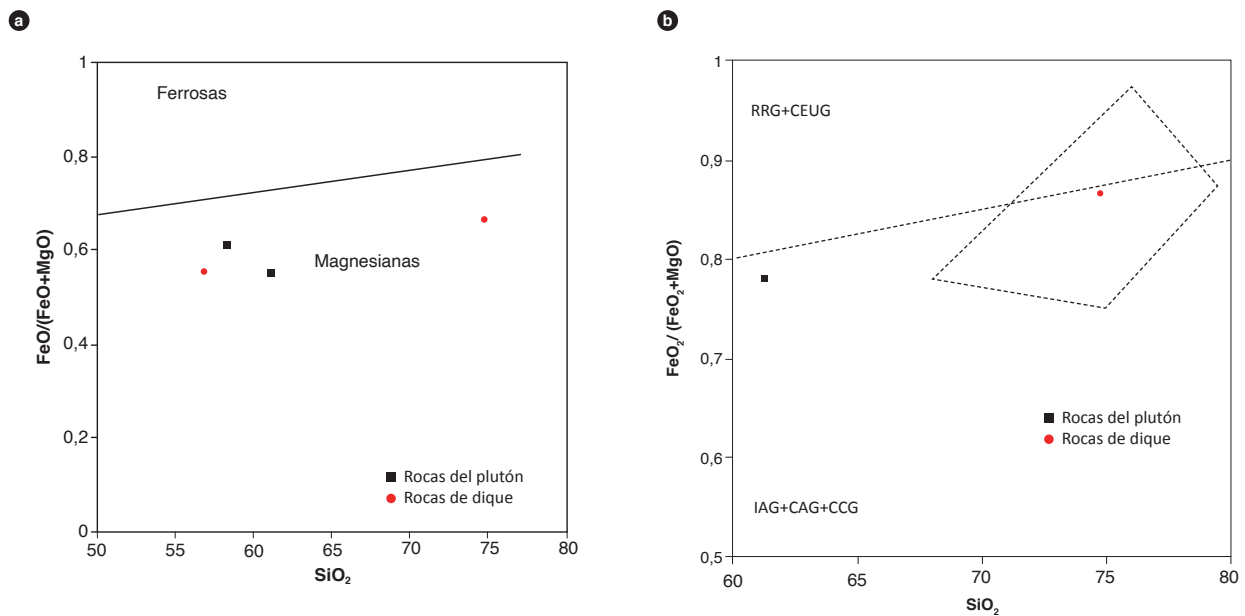


Figura 14. Diagramas de clasificación y discriminación tectónica Fuente: autores, Frost *et al.* (2001) y Maniar y Piccoli (1989).

Las rocas hacen parte de granitos alcalino-cálcidos del tipo magnesiano, es típico su alto contenido de K y la falta de enriquecimiento de Fe, Frost *et al.* (2001) (figura 14a). Corresponden a granitos metaluminosos y son consideradas magmas tipo I. A estos plutones también se los conoce como granitoides posorogénicos (Maniar y Piccoli, 1989) (figura 14b), granitoides shoshoníticos (Duchesne *et al.*, 1998) y granitoides calco-alcalinos ricos en K (Barbarin, 1999).

6. Posición estratigráfica y edad

Carvajal *et al.* (1983) manifiestan que el stock de San Cayetano intruye las rocas volcánicas de la Formación Saldaña al oeste de la loma El Diamante y en la Cuchilla Aguablanca. La denominada *unidad arcósica* por Jimeno y Guevara (1976) y Rodríguez y Orsini (1977), que equivale a la Formación Yaví (Cretácico Inferior), descansa discordante sobre las rocas plutónicas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano. De igual manera,

las sedimentitas del grupo Honda (Paleógeno-Neógeno) también suprayacen de manera discordante al *stock*, situación que se observa en la carretera Coyaima-Ataco, cerca al puente sobre el río Meche.

Fuquen *et al.* (1989) describen, en la plancha 302-Aipe, el *stock* de Los Naranjos con composición similar. Reportan, además, aureola de contacto sobre las rocas volcánicas de la Formación Saldaña y discordancia con los estratos suprayacentes de la Formación Yaví (Cretácico Inferior). Al suroccidente de Natagaima, Cossio *et al.* (1994) reportan cuerpos intrusivos similares en composición y con relaciones estratigráficas equivalentes, que denominaron informalmente *intrusivo de Anchique*. Núñez *et al.* (1996), correlacionan los plutones pequeños que afloran en el valle superior del Magdalena: *stock* de San Cayetano, *stock* de los Naranjos, *stock* de Anchique y batolito de Teruel, de acuerdo con las similitudes composicionales en una asociación monzonita-cuarzomonzonita-granito, que pueden representar apófisis de un solo cuerpo de dimensiones batolíticas, y además estar relacionados con las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Saldaña de edad Jurásica. Les asignan

una edad precretácica y postríasica de acuerdo a las dataciones que se reportaron para la fecha.

En el presente trabajo se realizaron dos dataciones, una de ellas de la muestra IGM-900823 (JGB-356; N: 897.068 y W: 878.480, con origen Bogotá), que corresponde al saprolito de cuarzomonzonita. La muestra fue analizada por el Grupo de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronología del Servicio Geológico Colombiano de Bogotá (GIANG-SGC) por *laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry* (LA-ICP-MS). Los circones son euhedrales prismáticos alargados, de color ligeramente pardo pálido, de tamaños mayores a 100 micras, y muestran en su mayoría inclusiones. Bajo catodoluminiscencia se presentan con ligera zonación, con ausencia de núcleos o sobre crecimientos (figuras 15a, b y c).

Los datos obtenidos de la muestra JGB-356 ($n = 44$) fueron tratados, para su graficación e interpretación, con el software Isoplot/Ex vers. 4.15 (Ludwig, 2008). Con el fin de mejorar el rango de confiabilidad de la edad se realizó un filtro de los datos para descartar los circones con discordancias mayores del 10%, tomando la relación

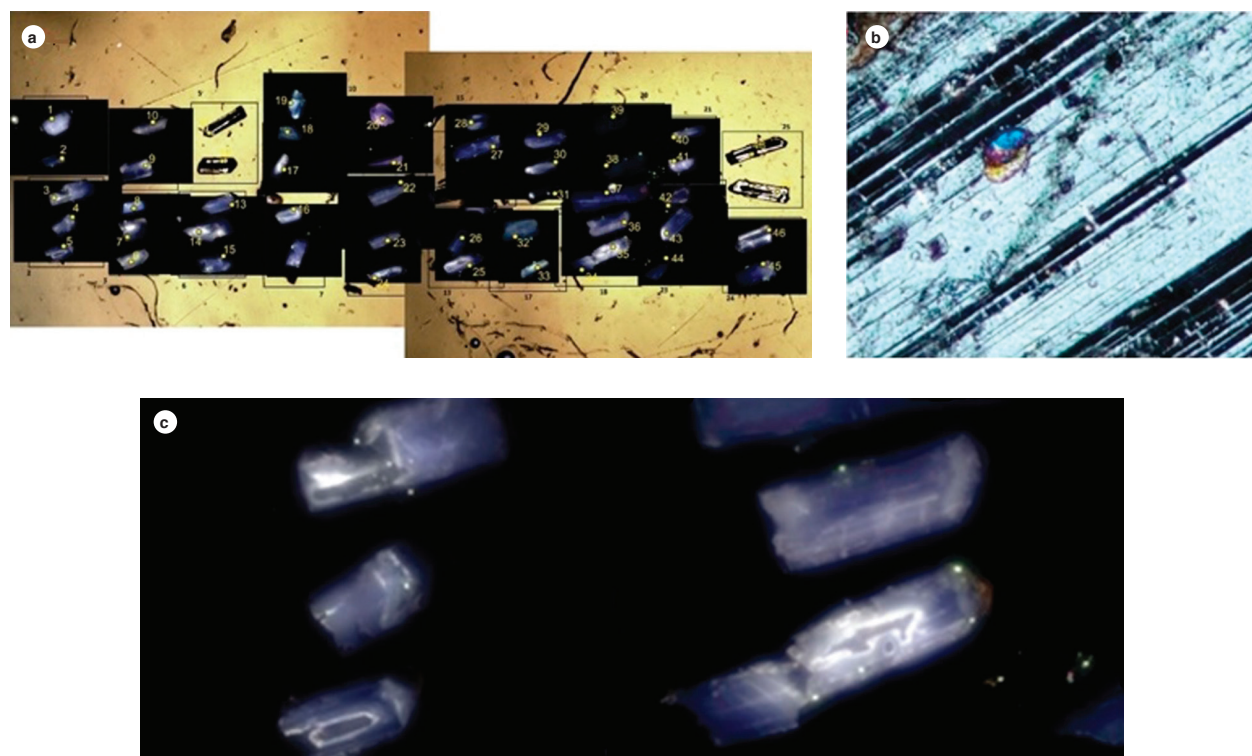


Figura 15. Aspecto de los circones

a) JGB-356 cuarzomonzonita. Imagen de catodoluminiscencia. b) IGM-900827 cuarzomonzonita. Circón en vista al microscopio petrográfico. c) Imágenes de catodoluminiscencia.

$[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}]$, seleccionando para esta muestra 33 circones con $\text{MSWD} = 1,9$.

En la figura 16 se observa un comportamiento concordante en los circones que definen un grupo de edades entre los 188 y 204 Ma, aproximadamente, con respecto a las concentraciones de $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, representativas de la edad de cristalización de la Cuarzomonzonita de San Cayetano $195,8 \pm 2,4$ Ma Jurásico Inferior (Sinemuriano), teniendo en cuenta que la temperatura de cierre del circón es cercana a los 900 °C; estas temperaturas están asociadas con eventos de cristalización magmática.

La segunda datación es en roca, IGM 900824 (JGB-357), tomada en las coordenadas E = 899674 y N =

877410 (origen Bogotá) con 41 circones, de los cuales, con el fin de mejorar la confiabilidad en la edad calculada, se descartaron ocho por tener valores discordantes mayores del 10%, de acuerdo con la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) / ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}]$.

Los circones son de color marrón, de aspecto sucio y luminosos; varían en tamaños de 70 a 200 μm , y tienen formas prismáticas subhedrales en los cristales más finos e irregulares, y fracturados en los tamaños más gruesos. En las imágenes de catodoluminiscencia se evidencian zonamientos concéntricos similares a patrones de crecimiento magmático y bordes corroídos (figura 17).

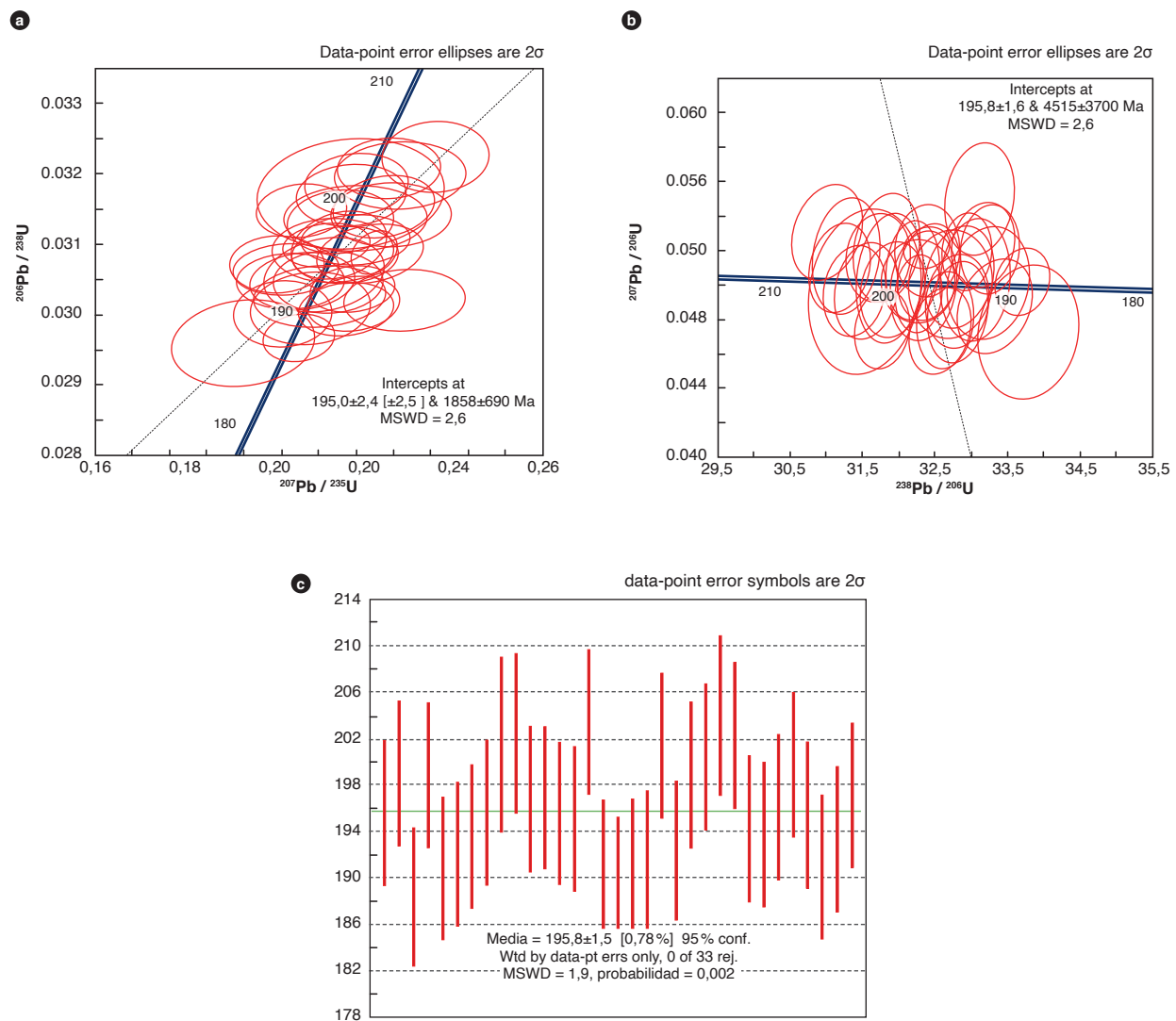


Figura 16. Resultados geocronológicos de la muestra IGM 900823

a) Diagrama de concordia. b) Diagrama de Tera-Wasserburg. c) Diagrama del cálculo de la media y la desviación estándar de la Cuarzomonzonita de San Cayetano.

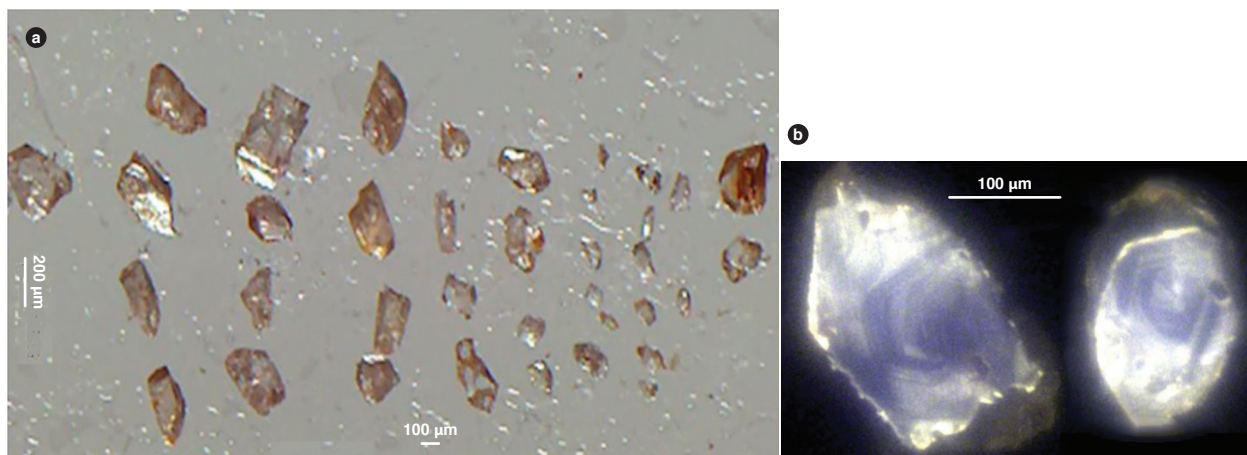


Figura 17. Aspecto de los circones de la muestra JGB-357
a) Con lupa binocular. b) Imagen de catodoluminiscencia.

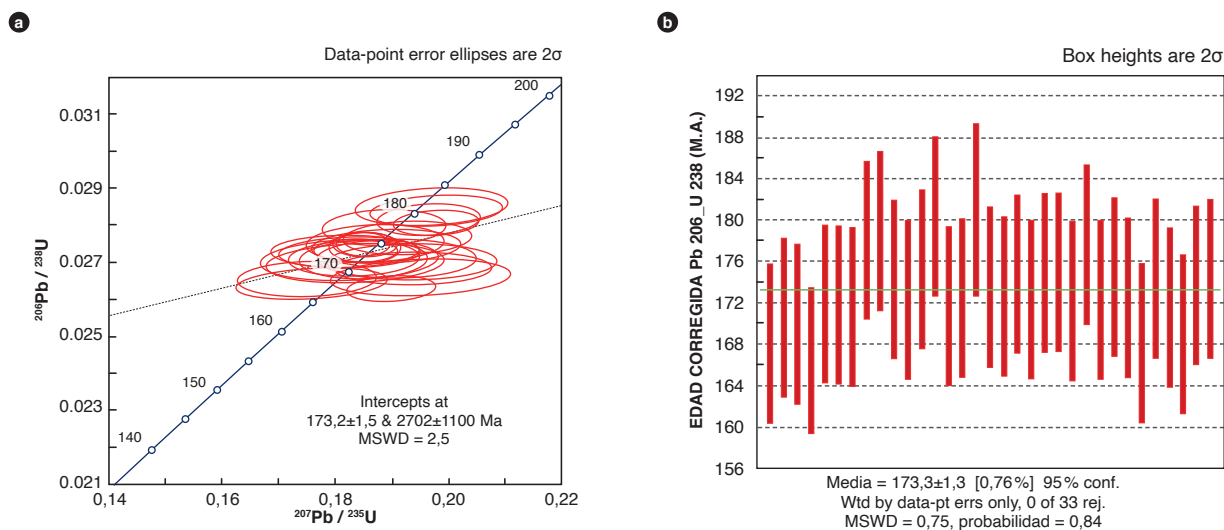


Figura 18. Resultados geocronológicos de la muestra JGB-357
Diagramas de concordia y cálculo de la edad media y desviación estándar.

En la figura 18 se observa una agrupación de datos en el rango de 170 a 185 Ma, coincidentes con la línea de concordia, y un círculo concordante más reciente (Zrn 38) que el promedio, con edad de 142,04 Ma. Una aproximación más detallada en la catodoluminiscencia y el punto de ablación sobre este cristal (Zrn 38) permitió observar la presencia de inclusiones, que podrían estar asociadas con esta edad y no representar la cristalización del plutón (figura 19). La edad obtenida de $173,3 \pm 1,3$ Ma Jurásico Medio (Aaleniano), estaría indicando, posiblemente, un segundo pulso en la Cuarzomonzonita de San Cayetano.

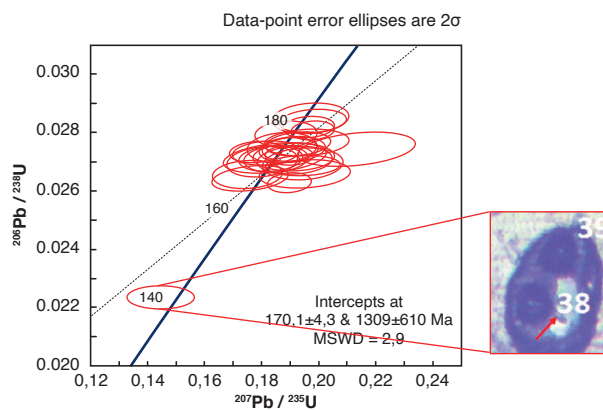


Figura 19. Presencia de círculo más joven (Zrn 38)
Se indica inclusión y punto de ablación.

7. Correlaciones

Fuquen *et al.* (1989) describen, en la plancha 302-Aipe, el *stock* de Los Naranjos con composición similar. Reportan, además, aureola de contacto sobre las rocas volcánicas de la Formación Saldaña (Triásico-Jurásico) y discordancia con los estratos suprayacentes de la Formación Yaví (Cretácico Inferior). Al suroccidente de Natagaima, Cossio *et al.* (1994) reportan cuerpos intrusivos similares en composición y con relaciones estratigráficas equivalentes, que denominaron informalmente *intrusivo de Anchique*.

Núñez *et al.* (1996), correlacionan los plutones pequeños que afloran en el valle superior del Magdalena: *stock* de San Cayetano, *stock* de los Naranjos, *stock* de Anchique y batolito de Teruel, de acuerdo con las similitudes composicionales en una asociación monzonita-cuarzo-monzonita-granito, minerales que pueden representar apófisis de un solo cuerpo de dimensiones batolíticas, además de estar relacionados con las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Saldaña de edad Jurásica. Les asignan una edad precretácica y posttriásica, de acuerdo con las dataciones que se reportaron para la fecha.

Conforme a los resultados geocronológicos de este estudio, y por su diferenciación composicional, los plutones a que hacen referencia estos autores (la Cuarzomonzonita de los Naranjos $188,4 \pm 2,5$ Ma de edad; la Cuarzomonzonita de Anchique, de $186,4 \pm 1,4$ Ma de edad, y la cuarzolatita de Teruel, de $170 \pm 1,1$ Ma de edad) son más jóvenes que la Cuarzomonzonita de San Cayetano.

Del presente estudio se concluye que la datación obtenida de la Cuarzomonzonita de San Cayetano de 196 ± 1 Ma, Jurásico Inferior (Sinemuriano), es la edad más vieja encontrada en plutones jurásicos del valle superior del Magdalena, correlacionable únicamente con la obtenida en una muestra de la Cuarzomonzodiorita del Páez (Zapata *et al.*, 2015).

8. Localidad tipo

Su mejor exposición se encuentra en el sitio San Cayetano en la parte oriental de la plancha 282-Chaparral, al sur de la población de Coyaima, en el departamento del Tolima, en las coordenadas N = 905.300 y E = 869.500, proyección conforme de Gauss Datum Bogotá.

9. Génesis

De acuerdo con los resultados geoquímicos en roca total y en circones, la Cuarzomonzonita de San Cayetano

corresponde a granitos metaluminosos, y son considerada magma tipo I de la serie calcoalcalina formada a partir de un magma basáltico con altos contenidos de $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$; el contenido bajo de MgO , #Mg, Ni y Cr indica que son rocas diferenciadas y que no son magmas primarios derivados directamente del manto. El índice de saturación de Al_2O_3 muestra impronta metaluminosa donde $A < \text{CNK}$, pero $A > \text{NK}$, que también permite vincularlos con granitos tipo I generados a partir de los fluidos provenientes de la cuña estenosférica, y hace parte de un evento plutónico emplazado en el valle superior del Magdalena ocurrido hace $195,8 \pm 1,5$ Ma.

A estos plutones también se los conoce como *granitoides posorogénicos* (Maniar y Piccoli, 1989), *granitoides shoshoníticos* (Duchesne *et al.*, 1998) y *granitoides calcoalcalinos* ricos en K (Barbarin, 1999).

Su ambiente de formación (Pearce *et al.*, 1984) indica un contexto tectónico de granitos de arco volcánico (VAG), donde las muestras corresponden al campo de ambientes de subducción; según el diagrama de Batchelor y Bowden (1985), convergen hacia el límite de granitos tipo orogénico tardío.

10. Recursos minerales

Ingeominas-TecniHidráulica S. A. desarrollaron el “Estudio de exploración geoquímica regional de recursos metálicos en zonas de Mocoa, Ataco, sur de Cauca, Romeral y Pacífico sur”, e identificaron anomalías que revelan que las rocas de la Cuarzomonzonita de San Cayetano afectan la litología de la Formación Saldaña provocando aureolas de metasomatismo distribuidas de manera irregular en el exocontacto del intrusivo, que se traducen en endurecimiento y recrystalización de los materiales tobáceos encajantes, así como también en un profuso desarrollo de vetas de cuarzo, epidota, malaquita y calcita, tanto en las rocas de caja de la Formación Saldaña como hacia la periferia del mismo intrusivo. Localmente, el ancho de la zona afectada por el metamorfismo de contacto puede alcanzar los 500 metros.

En el mismo estudio se anota que por el carretable a Balsillas, en el Filo del Caucho (ladera este), en las coordenadas N = 889.325 y E = 862.150, paralelo al contacto oeste del intrusivo con las rocas encajantes, en una franja estrecha de entre 100 y 200 metros de ancho, cartografiaron una serie de vetas de cuarzo, barita y calcopirita, y ocasionalmente malaquita y azurita, con orientación preferencial N60-40° W con buzamientos cercanos a la

vertical. Esta franja también se observa en el extremo suroeste del intrusivo, donde se describen rocas cornubianas y piritizadas. Los indicios de mineralización mencionados muestran la existencia de alteración metasomática estrechamente relacionada con la fracturación, brechamiento y formación de diaclasas tensionales, tanto en la periferia del intrusivo como en las rocas encajantes, que ocasionalmente fueron rellenadas por soluciones hidrotermales mineralizadas. Estas características hacen que no se le confiera un gran potencial para el hallazgo de mineralizaciones de interés económico.

Referencias

- Barbarin, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46(3), 605-626. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(98\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00085-1)
- 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)
- Carvajal, C., Fuquen, J. y Gómez, L. (1993). *Geología de la plancha 282-Chaparral*. Mapa. Ingeominas.
- Carvajal, C., Fuquen, J., Gómez, L. y Núñez, A. (1983). *Cartografía geológica y prospección geoquímica regional plancha 282-Chaparral*. Memoria. Ingeominas.
- 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.
- Cullers, R. y Graf, J. (1984). Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: Predominantly basic and ultrabasic rocks. *Developments in Geochemistry*, 2, 237-274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42148-7.50012-5>
- Dill, G. y Bosse, H. (2000). Mineralogical and chemical studies of volcanic related argillaceous industrial minerals of the Central American Cordillera (Western El Salvador). *Economic Geology*, 95(3), 517-538. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.95.3.517>
- Duchesne, J., Berza, T., Liégeois, J. y Vander, A. (1998). Shoshonitic liquid line of descent from diorite to granite: The Late Precambrian post-collisional Tismana pluton (South Carpathians, Romania). *Lithos*, 45(1-4), 281-303. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(98\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(98)00036-X)
- Fernández, R., Tessone, M., Etcheverry, R., Echeveste, H., Coriale, N. y Caballé, M. (2010). Interpretación de la distribución de elementos de las tierras raras en el basamento alterado de la zona de San Manuel, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67(2), 216-230.
- 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>
- Fulignati, P., Gioncada, A. y Sbrana, A. (1999). Rare-earth element REE/behaviour in the alteration facies of the active magmatic-hydrothermal system of Vulcano Aeolian Islands, Italy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 88(4), 325-342. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(98\)00117-6](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00117-6)
- Fuquen, J., Rodríguez, G. y Cossio, U. (1989). *Mapa geológico de la plancha 302-Aipe. Esc. 1:100.000*. Ingeominas.
- García, G., Martínez, R., Solé, J., Correa, J., Núñez, E., Guillou, H. y Monroy, E. (2015). Geología, geocronología y geoquímica del vulcanismo Plio-Cuaternario del Campo Volcánico Apan-Tecocomulco, Faja Volcánica Trans-Mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 32(1), 100-122.
- Gómez, A., Orozco, M. y Ferrari, L. (2005). Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 27(3), 227-283. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2005v57n3a2>
- Gromet, L. y Silver, L. (1987). REE variations across the Peninsular Ranges batholith: Implications for batholithic petrogenesis and crustal growth in magmatic arcs. *Journal of Petrology*, 28(1), 75-125. <https://doi.org/10.1093/petrology/28.1.75>
- Grosse, E. (1935 [1930]). *Acerca de la geología del sur de Colombia. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje al Huila y alto Caquetá*. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales de Colombia. Tomo III. Servicio Geológico Nacional.
- 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:SCA-NOI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1987)99<440:SCA-NOI>2.0.CO;2)
- Irvine, T. y Baragar, W. (1971). A guide to the chemical classification of the common igneous rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8(5), 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
- Jimeno, A. y Guevara, C. (1976). *Contribución estratigráfica y cartográfica a la Formación post-Payandé, al sur de Coyaima* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia.
- Kelemen, P., Hanghøj, K. y Greene, A. (2003). One view of the geochemistry of subduction-related magmatic arcs, with an emphasis on primitive andesite and lower crust. En L. Robert (ed.), *Treatise on geochemistry*, vol. 3 (pp. 593-659). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043751-6/03035-8>
- Ludwig, K. (2008). *Isoplot version 4.15: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Special Publication n.º 4. Berkeley Geochronology Center.
- Maniar, P. y Piccoli, P. (1989). Tectonic discrimination of granitoids. *GSA Bulletin*, 101(5), 635-643. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1989\)101<0635:T-DOG>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1989)101<0635:T-DOG>2.3.CO;2)
- 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* (pp. 313-345). Special Publication n.º 42. London: Geological Society of London.
- Middlemost, E. (1994). Naming materials in magma-igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, 37(3-4), 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
- 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, tomo 2, 226-239.
- 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, E. y Orsini, J. (1977). *Geología general de los elementos presentes en las unidades cartografiadas al suroeste de Coyaima, Tolima* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, G. y Fuquen, J. (1989). *Geología y prospección geoquímica de la plancha 302 Aipe-Huila-Colombia. Escala 1:100.000*. Ingeominas.
- Shand, S. (1943). *Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. John Wiley & Sons.
- Streckeisen, A. (1976). Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition: a provisional attempt. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, H. 1, 1-15.
- 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>
- 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*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

