

Geoquímica y geocronología U-Pb de la cuarzodiorita de Sabanalarga y el gabro de Santa Fe, Colombia

Geochemistry and U-Pb geochronology of the Sabanalarga quartz-diorite and Santa Fe gabbro, Colombia

Juan Pablo Zapata-Villada^{1,*}, Wilmer Giraldo², Gabriel Rodríguez¹, Mauro Cesar Geraldés², Milton Obando¹

¹Servicio Geológico Colombiano, Calle 75, N° 79A-51, 50034, MDE, Antioquia, Colombia.

²Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 - 4° e 2° andar/Bloco A Maracanã, 20.550-900, Rio de Janeiro, Brasil.

* Autor para correspondencia: [J. P. Zapata - Villada] juanp.zapata@gmail.com

Cómo citar este artículo:

Zapata-Villada, J.P., Giraldo, W., Rodríguez, G., Geraldés, M.C., Obando, M., 2021, Geoquímica y geocronología U-Pb de la Cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de Santa Fe, Colombia: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 73 (1), A280520. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2021v73n1a280520>

Manuscrito recibido: 24 de Julio de 2019
Manuscrito corregido: 28 de Abril de 2020
Manuscrito aceptado: 29 de Abril de 2020

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

RESUMEN

Durante el Cretáceo Superior, el margen noroccidental de Suramérica se caracterizó por presentar un ambiente tectónico complejo, representado por la acreción de múltiples terrenos y la generación de varios eventos magmáticos. La cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de Santa Fe, anteriormente descritos como una única unidad denominada “Batolito de Sabanalarga”, presentaban múltiples diferencias entre sí y hoy son considerados dos plutones independientes, exponiendo dos de los eventos magmáticos del cretáceo superior. Ambos plutones emplazados en cortezas de diferente afinidad; el Gabro de Santa Fe emplazado en corteza tipo Plateau y arco de islas, mientras que la cuarzodiorita de Sabanalarga es emplazada en corteza continental del Complejo Cajamarca. Los análisis químicos de roca total realizados, presentaron anomalías de Nb-Ti, patrones de HFSE y REE en los diagramas multielementales característicos de rocas generadas en ambientes de subducción. El gabro de Santa Fe presenta características adakíticas no presentes en la cuarzodiorita de Sabanalarga. El bajo contenido Zr y relaciones $(La/Yb)_n$ vs $Sr/Y < 10$ sugieren que el magma del Gabro de Santa Fe fue formado en ambiente oceánico, contrario a la cuarzodiorita de Sabanalarga con alto Zr y relaciones $(La/Yb)_n$ vs $Sr/Y > 10$ que sugieren para este magma un origen en un ambiente continental. Se realizaron análisis U-Pb LA-ICP-MS para ambos intrusivos: el Gabro de Santa Fe presentó edades entre 78.4 y 81.8 Ma y la cuarzodiorita de Sabanalarga edades entre 71.5 y 76.7 Ma. A la luz de los nuevos datos geoquímicos y geocronológicos se sugiere en este trabajo que el Gabro de Santa Fe y la cuarzodiorita de Sabanalarga son dos cuerpos diferentes sin relación temporal y cuya relación espacial es todavía debatible. Para el ambiente de formación de estos plutones se sugiere un modelo de doble subducción tipo Molucca.

Palabras clave: geoquímica, U-Pb, gabro de Santa Fe, cuarzodiorita de Sabanalarga.

ABSTRACT

During the Upper Cretaceous the northwestern margin of South America was characterized by a complex tectonic environment represented by the accretion of multiple terranes and the generation of varied magmatic events. The Sabanalarga quartz-diorite and the Santa Fe Gabbro previously described as a single body called Sabanalarga Batholith, present multiple differences among themselves and today are considered two independent plutons, representing two of the upper Cretaceous magmatic events. Both plutons intrude crusts of different affinity; The Santa Fe Gabbro intrudes a Plateau-type and island arc crust while the Sabanalarga quartz-diorite intrude into continental crust. The carried total rock chemical analysis showed anomalies of Nb-Ti, patterns of HFSE and REE in the multielemental diagrams indicative of rocks generated in subduction environments. The Santa Fe Gabbro presents adakitic characteristics that are not present in the Sabanalarga quartz-diorite. The low Zr content and relations $(La/Yb)_n$ vs $Sr/Y < 10$ suggest that the Santa Fe Gabbro magma was formed in an oceanic environment, contrary to the Sabanalarga quartz-diorite with high Zr and relationships $(La/Yb)_n$ vs $Sr/Y > 10$ who suggest an origin in a continental environment for this magma. U-Pb LA ICPMS were analyzed for both intrusives: Santa Fe Gabbro showed ages between 78.4 and 81.8 Ma and Sabanalarga quartz-diorite ages between 71.5 and 76.7 Ma. Due to the new geochemical and geochronological data, it is suggested that Santa Fe Gabbro and Sabanalarga quartz-diorite are two different bodies with no temporal relationship and whose spatial relationship is still debatable. It is suggested for the geological setting of formation for these plutons a double subduction model type Molucca.

Keywords: geochemistry, U-Pb, Santa Fe de gabbro, Sabanalarga quartz-diorite.

1. Introducción

La esquina noroccidental de Suramérica presenta una geología compleja; misma que se caracteriza por la interacción de las placas Suramericana, Norteamericana, Nazca, Cocos y Caribe. Dicha interacción entre placas ha generado un mosaico de terrenos alóctonos altamente deformados (Jones *et al.*, 1982) y acrecionados a la margen suramericana desde el Paleozoico hasta el Cenozoico (Restrepo y Toussaint, 1988); los cuales están denominados como Bloque Norandino (Suter *et al.*, 2008).

Según Gómez *et al.*, (2015), los terrenos que comprenden este bloque son, de occidente a oriente, Caribe, Arquía, Quebradagrande, Anacona, Tahamí y Chibcha (Figura 1). El terreno Caribe presenta afinidad oceánica; mientras que los que están al oriente (Anacona, Tahamí y Chibcha), presentan afinidad continental. El límite entre estos dos dominios geodinámicos está marcado por el sistema de fallas Cauca-Romeral y los terrenos Arquía y Quebradagrande. Este límite es considerado como un mosaico de presuntos terrenos de afinidades oceánicas o continentales (Restrepo *et al.*, 2009), cuyas relaciones espacio-temporales están todavía en discusión (Restrepo *et al.*, 2009; Villagómez *et al.*, 2011; Mora-Bohórquez *et al.*, 2017).

A su vez, las unidades ígneas presentes en la zona de transición entre estos dos dominios fueron agrupadas en el denominado Batolito de Sabanalarga (Hall *et al.*, 1972; Rodríguez y Zapata, 1995). Esta unidad fue definida como un batolito alargado con dirección norte-sur, con una extensión de aproximadamente 410 Km², y constituido por 3 facies (máfica-ultramáfica, intermedia y félsica) (González y Londoño, 2002), con edades ⁴⁰Ar/³⁹Ar (Hornblenda y Biotita) de aproximadamente 95 Ma (Gonzales *et al.*, 1976; González y Londoño, 1998).

Respectivamente, el Batolito de Sabanalarga se encuentra dividido de norte a sur por la Falla Sabanalarga (Hall, 1972; Rodríguez *et al.*, 2012a; Correa *et al.*, 2018), Falla Romeral (Mejía y González, 1983) o Cauca-Almaguer (Nivia

y Gómez, 2005). Nivia y Gómez (2005) separan esta unidad en dos: Gabro de Santa Fe y Cuarzodiorita de Sabanalarga. Al occidente de la Falla Sabanalarga, el Gabro de Santa Fe intruye las rocas de afinidad oceánica asociadas al terreno Caribe y presenta grandes xenolitos de la Granulita de Pantanillo (Cardona, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012b). Al oriente de la Falla Sabanalarga, la Cuarzodiorita de Sabanalarga intruye las rocas metamórficas de afinidad continental del terreno Tahamí. Este trabajo busca comprender la evolución de los cuerpos graníticos del occidente antioqueño durante el cretácico medio y tardío, a través de la definición de las relaciones entre las distintas unidades definidas como Gabro de Santa Fe y Cuarzodiorita de Sabanalarga, sus unidades adyacentes y el sistema de fallas Cauca-Romeral, utilizando cartografía detallada, geoquímica y geocronología U-Pb (LA-ICP-MS).

2. Metodología

La presente investigación se desarrolló en dos grupos de trabajo, enmarcado cada uno en proyectos diferentes, pero con objetivos similares. El primero de estos fue una tesis de maestría realizada en la Universidad del Estado de Rio de Janeiro (UERJ) (Giraldo, W., 2017); auspiciada con el apoyo financiero del CAPES y el logístico de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. El segundo grupo correspondió a la cartografía y muestreo de la plancha 130-Santa Fe de Antioquia a escala 1:50.000 (Correa *et al.*, 2018), realizado por Grupo de Estudios Geológicos Especiales del Servicio Geológico Colombiano (SGC), Medellín.

El equipo de la UERJ realizó 40 análisis petrográficos de secciones delgadas preparadas en el Laboratorio Geológico de Preparación de Muestras (LGPA/UERJ) y 3 muestras adicionales del profesor Jorge Julián Restrepo. El grupo del SGC, analizó 39 muestras preparadas en los laboratorios del SGC.

A 13 de estas muestras, se les realizaron análisis geoquímicos en el laboratorio del SGC sede Bogotá, con un espectrómetro de fluorescencia

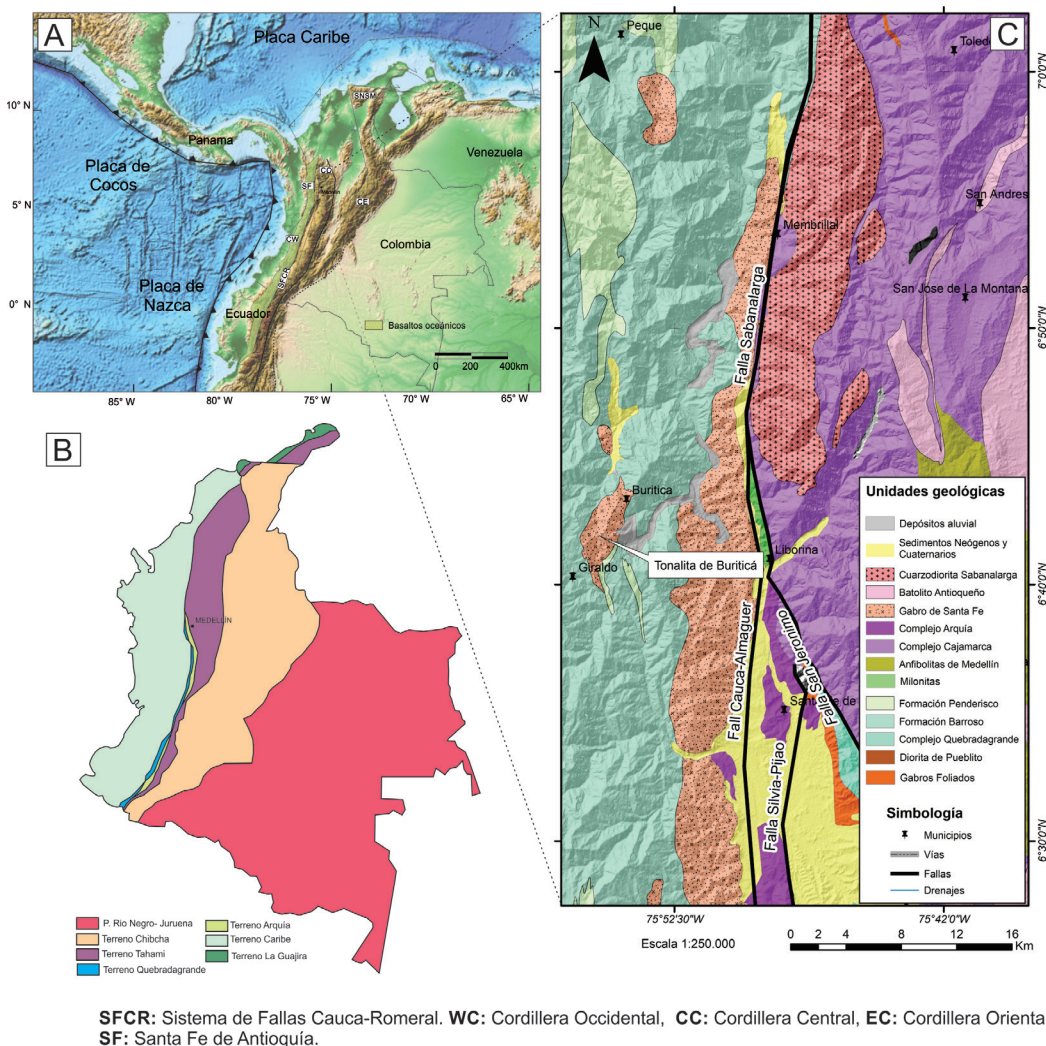


Figura 1 Localización, geología regional, abreviaturas y nomenclatura. A) Configuración tectónica de los Andes del Norte. B) Mapa de Terrenos (Modificado de Gómez *et al.*, 2015). C) Mapa geológico regional (Modificado de Gómez *et al.*, 2015).

de Rayos X Panalytical AXIOS Mineral. La cuantificación de los óxidos mayores se hizo en muestra fundida con metaborato y tetraborato de litio; mientras que la cuantificación de elementos menores fue en muestra prensada. Para el análisis de elementos traza, se usó un espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado, ICP-MS, Perkin Elmer NEXION. Los diagramas petrográficos y geoquímicos se obtuvieron usando el software GCDkit de Janoušek *et al.*, (2006).

Por su parte, el equipo UERJ colectó 14 muestras enfocadas a análisis geocronológicos 8 de éstas son discutidas en el presente trabajo. Fue utilizado el método UPb LA-ICP-MS en circones concentrados en el laboratorio geológico de preparación

de muestras LGPA-UERJ, utilizando separación hidrodinámica y magnética. Los circones se seleccionaron manualmente con lupa binocular. De los montajes de granos de circon se adquirieron imágenes de catodoluminiscencia (CL) por medio de microscopio electrónico de barrido. Los análisis isotópicos de las muestras se llevaron a cabo en el Laboratorio multiusuario de medio ambiente y materiales MultiLab-UERJ, con el equipo Neptune plus - Laser Ablation Inductive ly Coupled Plasma Multi Colector Mass Spectrometry (LA-ICP-MS). Los mismos se realizaron con un diámetro de laser variable entre 20 y 30 μm , a una frecuencia de 8 Hz y energía variable entre el 35 y 40%. El flujo de helio utilizado para el transporte de las muestras

fue de 0.750 l/m, y el flujo de argón utilizado por el ICP-MS fue de 0.800 l/m. Se emplearon los patrones Zircon 91500 (Wiedenbeck *et al.*, 2004) y GJ-1 (Jackson *et al.*, 2014). Los blancos, patrones y tratamiento de los datos siguieron las recomendaciones de Chamale *et al.*, (2012) con la ayuda del software Isoplot V4.15 (Ludwig, 2012).

Por otro lado, el equipo SGC analizó 5 muestras por el mismo método U-Pb LA-ICP-MS en circones concentrados en el laboratorio químico del Servicio Geológico Colombiano sede Medellín, utilizando separación hidrodinámica y magnética. Los circones se seleccionaron manualmente con lupa binocular en el Laboratorio de Petrografía de la sede Medellín.

De los montajes de granos de circón se adquirieron imágenes de catodoluminiscencia (CL) por medio de luminoscopios. Los análisis isotópicos de las muestras se llevaron a cabo en el Laboratorio de Geocronología del Servicio Geológico Colombiano, siguiendo los procedimientos descritos en Peña-Urueña *et al.*, (2018). Estos se realizaron en un equipo de ablación Photon Machines con un láser Excimer de 193 nm, acoplado a un espectrómetro de masas tipo Element 2. Los isótopos utilizados para la integración manual fueron ^{238}U , ^{206}Pb y ^{204}Pb . Como patrones de referencia se usaron: Plešovice (Sláma *et al.*, 2008), FC-1 (Coyner *et al.*, 2004), Zircon 91500 (Wiedenbeck *et al.*, 2004) y Mount Dromedary (Renne *et al.*, 1998). Los puntos analizados en los circones fueron de 30 micrones de diámetro. La reducción de datos se realizó Iolite v2.5® en IGORPro6.3.6.4® (Paton *et al.*, 2010). La corrección por plomo común se realizó de acuerdo con el modelo de evolución según Stacey y Kramers (1975). Los resultados finales corresponden a la media de los datos obtenidos luego de aplicar una discriminación de datos a 2 desviaciones estándar. Los cálculos de las edades y los gráficos geocronológicos se hicieron con el programa Isoplot V4.15 (Ludwig, 2012).

3. Geología Regional

Las rocas agrupadas bajo la denominación “Batolito de Sabanalarga” se localizan en la zona

de confluencia de 4 terrenos geológicos (Caribe, Arquía, Quebradagrande y Tahamí (Gómez *et al.*, 2015)), y del sistema de fallas Cauca-Romeral (SFCR), sistema de fallas que se extiende a lo largo de 2000 km desde el norte de Antioquia hasta el sur en Ecuador (Figura 1A; Villagómez, 2010). A continuación, se describen las principales características de cada uno de estos elementos geológicos para determinar las posibles relaciones de los mismos con el Batolito de Sabanalarga.

El sistema de fallas Cauca-Romeral es un sistema complejo, pues está compuesto por múltiples estructuras con dirección predominante norte-sur. Este sistema es enmarcado al occidente por la falla Cauca-Oeste y al oriente por la falla San Jerónimo. A la altura del municipio de Liborina ($6^{\circ}40'\text{N}$) y en dirección norte, sus estructuras aparentan unirse en una sola, denominada Falla de Sabanalarga. Giraldo (2017) identificó que las estructuras componentes del sistema Cauca-Romeral en realidad no se unen y continúan al norte como al menos dos paralelas, separadas por cientos de metros. Estas últimas corresponden a las continuaciones al norte de Liborina de las fallas Cauca-Oeste y San Jerónimo. Al interior del sistema Cauca-Romeral se presentan múltiples bloques tectónicos como los terrenos Arquía y Quebradagrande, los cuales presentan orígenes e historias evolutivas aun en discusión. Cabe destacar que el sistema Cauca-Romeral limita al occidente con el terreno Caribe y al oriente con el terreno Tahamí.

3.1. TERRENO CARIBE

En el terreno Caribe (Gómez *et al.*, 2015) se encuentran agrupadas las rocas del Plateau Caribe (Kerr *et al.*, 1997a; Cediél *et al.*, 2003) las cuales fueron acrecionadas al noroccidente de la placa suramericana y al occidente del SFCR, constituyendo la base de la Cordillera Occidental de Colombia (Figura 1B). Están compuestas por rocas volcánicas básicas, de edades Jurásico- Cretácico (Rodríguez y Arango, 2013; Toussaint y Restrepo, 1978); y están intruidas por cuerpos de afinidad adakítica con edades U-Pb que indican una edad máxima Turoniano- Aptiano (Rodríguez y Arango, 2013; Weber *et al.*, 2015; Zapata-Villada *et al.*, 2017). Sobrepuestas por unidades volcano-

clásticas (Zapata-Villada *et al.*, 2017; Buchs *et al.*, 2018; Pardo-Trujillo *et al.*, 2020) y sedimentarias con registros de amonites con edades bioestratigráficas Campaniano- Maastrichtiano (Castro y Feininger, 1965; Etayo *et al.*, 1980; Geoestudios, 2005; Pardo-Trujillo *et al.*, 2020) y basados en correlaciones composicionales, estas unidades volcánicas han sido correlacionadas al Sur con la Formación Volcánica (Barrero, 1979; Kerr *et al.*, 1997a; Villagómez *et al.*, 2010), con rocas del terreno Alao en Ecuador (Litherland *et al.*, 1994), y al Norte con fragmentos del Caribe como Bonaire, Aruba e Española (Wright and Wyld, 2011).

3.2. TERRENO QUEBRADAGRANDE

Constituido por el Complejo Quebradagrande (Botero, 1963; Maya y González, 1995), está compuesto por gabros, dioritas, flujos de basaltos y andesitas tan como se muestra en la figura 1b. El Complejo Quebradagrande presenta edades bioestratigráficas Albiano-Aptiano y edades U-Pb entre 114-84 Ma (Maya y Gonzales, 1995; Villagómez *et al.*, 2011; Cochrane *et al.*, 2014; Zapata *et al.*, 2018). Las rocas volcánicas del Complejo Quebradagrande han sido correlacionadas a rocas del Terreno Alao al norte en Ecuador (Cochrane *et al.*, 2014) y asociadas a un ambiente de cuenca de retroarco con un magmatismo que se extiende entre ca. 114 Ma hasta 80 Ma (Villagómez, 2010, Spikings *et al.*, 2015; Jaramillo *et al.*, 2017).

3.3. TERRENO ARQUÍA

Definido como Grupo Arquía (Restrepo y Toussaint, 1975), esta unidad agrupa metagabros, anfíbolitas granatíferas, esquistos anfibólicos, esquistos de cuarzo-micáceos, cuarcitas, eclogitas, esquistos de glaucófana-lawsonita y rocas ultramáficas serpentinizadas (Bustamante *et al.*, 2011; Maya y González, 1995; Toussaint y Restrepo, 1978), limitados por la Falla Silvia-Pijao al Este y Cauca-Almaguer al Oeste, (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2003).

El terreno Arquía (Gómez *et al.*, 2005) está conformado por fajas tectónicas extremadamente deformadas con relaciones estratigráficas y tectónicas complejas (Figura 1C). El ambiente de

formación de las rocas del complejo Arquía ha sido asociado a un N-MORB (Villagómez *et al.*, 2011; Rodríguez y Arango, 2013) con edades de enfriamiento $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y K/Ar de 127 Ma, 110 Ma y 117-107 Ma (Toussaint y Restrepo, 1978, Villagómez, 2010).

3.4. TERRENO TAHAMÍ

El Terreno Tahamí (Gómez *et al.*, 2015) agrupa principalmente las rocas de los terrenos Tahamí (Restrepo y Toussaint, 1988) y Panzenú (Restrepo *et al.*, 2009). Está expuesto entre las Fallas San Jerónimo (al Oeste) y Otú- Pericos (al Este) (Figura 1B), y se compone por esquistos, anfíbolitas y gneises de edades metamórficas Permo- Triásicas y Jurásicas (Gómez *et al.*, 2007; Blanco- Quintero *et al.*, 2014; Correa *et al.*, 2017b, Rodríguez *et al.*, 2016) de grado metamórfico medio a alto (Ordoñez-Carmona y Pimentel, 2002).

El terreno Tahamí fue intruido por cuerpos calco-alcalinos desde el Jurásico hasta el Cretácico (Bustamante *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2016; Ibañez-Mejía *et al.*, 2007), un ejemplo de estos es el Batolito Antioqueño (Ordoñez-Carmona, 2008; Leal-Mejía, 2011; Duque-Trujillo *et al.*, 2019). Sobre este terreno reposan las rocas siliciclásticas de la Formación Abejorral con edades máximas de depositación de 120 Ma (Zapata, 2015, Zapata *et al.*, 2018).

4. Geología del área de estudio

El “Batolito de Sabanalarga” (Álvarez y González, 1978; González, 2002; Rodríguez *et al.*, 2012a), está compuesto por una serie de plutones que afloran al Este y al Oeste del sistema de fallas Cauca-Romeral, representado en esta latitud por la Falla Sabanalarga (Hall *et al.*, 1972; Rodríguez *et al.*, 2012a; Correa *et al.*, 2018), Falla Romeral (Mejía y González, 1983) o Cauca-Almaguer (Nivia y Gómez, 2005), y representa un problema cronoestratigráfico para la sutura o límite de terrenos acrecionados a la margen continental (límites terreno Calima y Tahamí; Restrepo y Toussaint, 1988 ó Arquía, Quebradagrande y Tahamí; Gómez *et al.*, 2015).

En este trabajo se considerará la Falla Sabanalarga como límite entre los plutones orientales y occidentales que componen el batolito de Sabanalarga definido por Hall *et al.*, (1972). La existencia como un único batolito implica la acreción de terrenos oceánicos y continentales en el Cretáceo antes de 100 Ma (edades U-Pb de La Tonalita de Buriticá). Suprimiendo la existencia del gran Arco del Caribe (White *et al.*, 1999; Pindell *et al.*, 2005), desarrollado sobre corteza Plateau antes de colisionar con la Margen Continental (White *et al.*, 1999; Nivia, 2001; Vallejo *et al.*, 2006).

El problema estratigráfico ha sido parcialmente resuelto con base en petrografía, relaciones de campo y nuevos datos de geocronología U-Pb (Nivia y Gómez, 2005; Weber *et al.*, 2015; Giraldo, 2017; Zapata-Villada, 2017; Correa *et al.*, 2018) considerando la unidad como al menos dos cuerpos plutónicos contemporáneos, denominados “Cuarzodiorita de Sabanalarga” y el “Gabro de Santa Fe” (Figura 1C).

4.1. CUARZODIORITA DE SABANALARGA

La Cuarzodiorita de Sabanalarga, incluida por varios autores (González *et al.*, 1976; Álvarez y González, 1978; González, 2002; Rodríguez *et al.*, 2012a) dentro del “Batolito de Sabanalarga” fue descrita inicialmente como Plutón de Sabanalarga (Hall *et al.*, 1972; Álvarez *et al.*, 1975; Mejía *et al.*, 1983), y aflora como un cuerpo elongado de dirección norte-sur de aproximadamente 260 Km² de composición tonalítica, cuyo cuerpo principal se encuentra al este y noreste de Sabanalarga (Figura 2). Sin embargo, después fue incluida por varios investigadores (González *et al.*, 1976; Álvarez y González, 1978; González, 2002; Rodríguez *et al.*, 2012a) dentro del “Batolito de Sabanalarga”, cuerpo descrito como intrusivo a ambos lados de la Falla Sabanalarga alcanzando un área de 460 km².

Entendiendo que la definición inicial del cuerpo fue al este de la Falla Sabanalarga, es decir, al este de la falla más occidental del sistema Cauca–Almaguer (Figura 2), y debido a las diferencias petrológicas (contenido de ferromagnesianos con radicales hidroxilos, e.g. anfíboles y biotita) (Nivia y Gómez, 2005) y geocronológicas (Weber *et al.*,

2015; Zapata-Villada *et al.*, 2017; Giraldo, 2017), denominamos “Cuarzodiorita de Sabanalarga” siguiendo la propuesta de Nivia y Gómez, (2005) y Correa *et al.*, (2018) al cuerpo intrusivo localizado al este de la Falla Sabanalarga.

De esta manera, cabe mencionar que la Cuarzodiorita de Sabanalarga está compuesta principalmente por cuarzodioritas-tonalitas (Figura 3A y 3B), intruye secuencias metamórficas pelíticas en facies esquisto verde compuestas por esquistos de cuarzo-moscovita-grafito, cuarzo-tre-

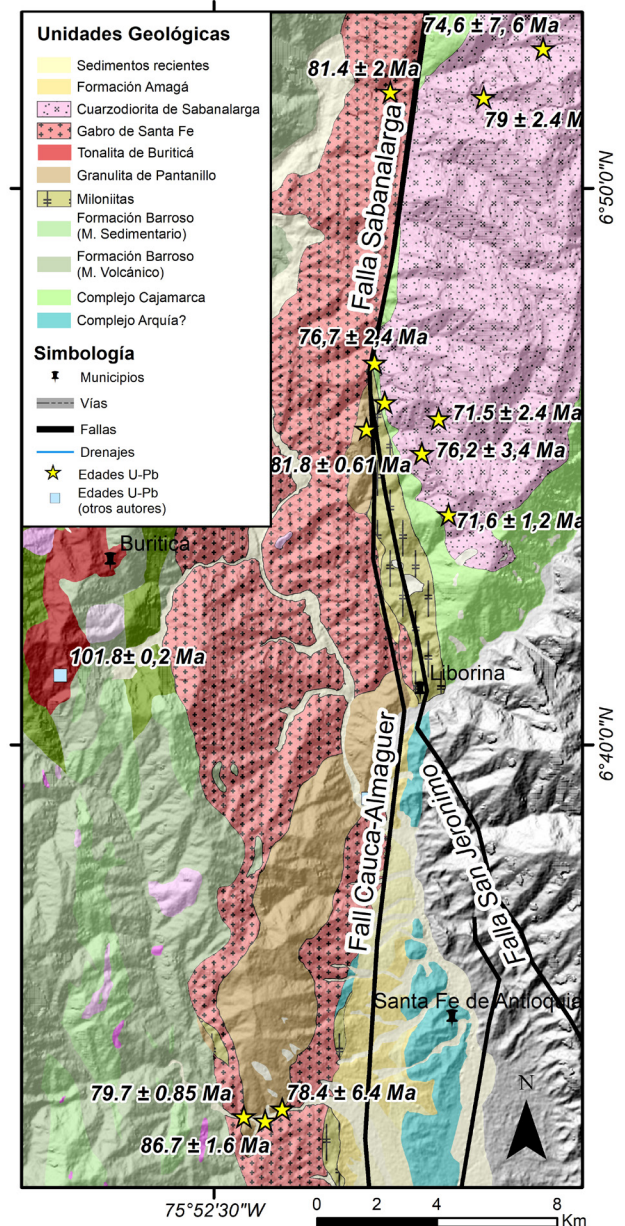


Figura 2 Mapa Geológico del área de estudio (En este trabajo).

mollita-epidota-clorita asociadas al Complejo Cajamarca (Figura 3C), y al oeste se encuentra en contacto fallado con bloques de pillow lavas deformados asociadas al Complejo Quebradagrande (Correa *et al.*, 2018). Para la Cuarzodiorita de Sabanalarga se tienen dos edades de 97 ± 10 Ma K-Ar en biotita en (Gonzales *et al.*, 1976) y 98.2 ± 3.5 Ma Ar-Ar en hornblenda (Gonzalez y Londoño, 1998).

4.2. GABRO DE SANTA FE

Está compuesto por gabros, hornblenditas y en menor proporción, tonalitas y cuarzodioritas (Figura 3E y 3F) y corresponde al cuerpo localizado al oeste de la Falla Sabanalarga (Hall *et al.*, 1972). El Gabro de Santa Fe intruye basaltos de la Formación Barroso al oeste (Figura 3G) y al este es limitado por la Falla Sabanalarga (Weber *et al.*, 2015) y por milonitas asociadas (Correa *et al.*, 2018); además, presenta abundantes xenolitos de la Granulita de Pantanillo (Figura 3G), interpretadas como asociados a raíces de arco magmático engrosado (Toro-Toro *et al.*, 2020).

El Gabro de Santa Fe carece de ferromagnesianos y tiene radicales hidroxilos dentro de su estructura cristalina (Nivia y Gómez, 2005). Correa *et al.*, 2018 nombran esta unidad como Tonalita de Santa Fe en base a análisis petrográficos; sin embargo, en este trabajo se observa que hay dos facies presentes: una máfica (gabrica) predominante y una intermedia (tonalítica).

El Gabro de Santa Fe presenta edades de 98 ± 9.1 Ma por el método Sm-Nd (Weber *et al.*, 2011) y de 123.8 ± 3.9 Ma por K-Ar en hornblenda (Rodríguez *et al.*, 2012a). Adicionalmente, se reportan edades U-Pb para cuerpos asociados como el Gabro de Altamira de 87.67 ± 0.9 Ma (Zapata-Villada *et al.*, 2017) y la Tonalita de Buriticá de 101.7 ± 0.2 Ma (Weber *et al.*, 2015).

5. Resultados

5.1. PETROGRAFÍA Y RELACIONES DE CAMPO

La Cuarzodiorita de Sabanalarga presenta una composición tonalítica, con variaciones a cuarzo-

diorita y gabro. Intruye Esquistos de cuarzo-moscovita-grafito y Esquistos de cuarzo-tremollita-epidota del Complejo Cajamarca (terreno Tahamí), mostrados en abundantes xenolitos (Figura 3C); además, presenta enclaves de gabros (Figura 3C). Asimismo, la Cuarzodiorita de Sabanalarga se observa en contacto fallado con bloques de basaltos que conservan estructuras pillow lavas, meta-sedimentos de bajo grado y rocas ultramáficas en la Qda. La sucia y Liborina.

Para esta unidad se analizaron 14 secciones delgadas, que presentan textura subidiomórfica, compuesta por cuarzo, plagioclasas, hornblenda y biotita. Como minerales accesorios se observan zircón y apatito; generalmente como inclusiones en biotita (Figura 3D). Como minerales de alteración, es común observar clorita y epidota.

El Gabro de Santa Fe está compuesto por dioritas hornblendicas, microdioritas, gabros y tonalitas hornblendicas (Figura 3E y 3F); y está rodeado por abundantes xenolitos de anfibolitas de la Granulita de Pantanillo (Rodríguez *et al.*, 2012b) y basaltos de la Fm. Barroso (Figura 3G). Para el análisis de esta otra unidad se consideraron 40 secciones delgadas que caen entre el campo de gabros (facie máfica) y tonalitas (facie intermedia) (Figura 3E); así cuatro muestras correspondientes a tonalitas para el Stock de Buriticá (Figura 3E). En general, las muestras revisadas presentan textura hipidiomórfica con presencia de plagioclasa, hornblenda, \pm piroxeno y cuarzo, como accesorio, y sausurita y calcita, como minerales de alteración (Figura 3H). La Tonalita de Buriticá está compuesta principalmente por cuarzo y plagioclasa (Giraldo, 2017).

La Cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de Santa Fe se encuentran separados por la Falla Sabanalarga o La Falla Cauca Oeste del sistema de fallas Cauca-Romeral. Al interior de este sistema se identificó una franja de mesomilonitas; mismas que están asociadas a secuencias vulcano-sedimentarias marinas. Algunos segmentos de estas fajas se encuentran cubiertos por segmentos de secuencias sedimentarias basculadas, compuestas por lutitas, areniscas y carbones, posiblemente asociadas a la Formación Amagá (Figura 2).

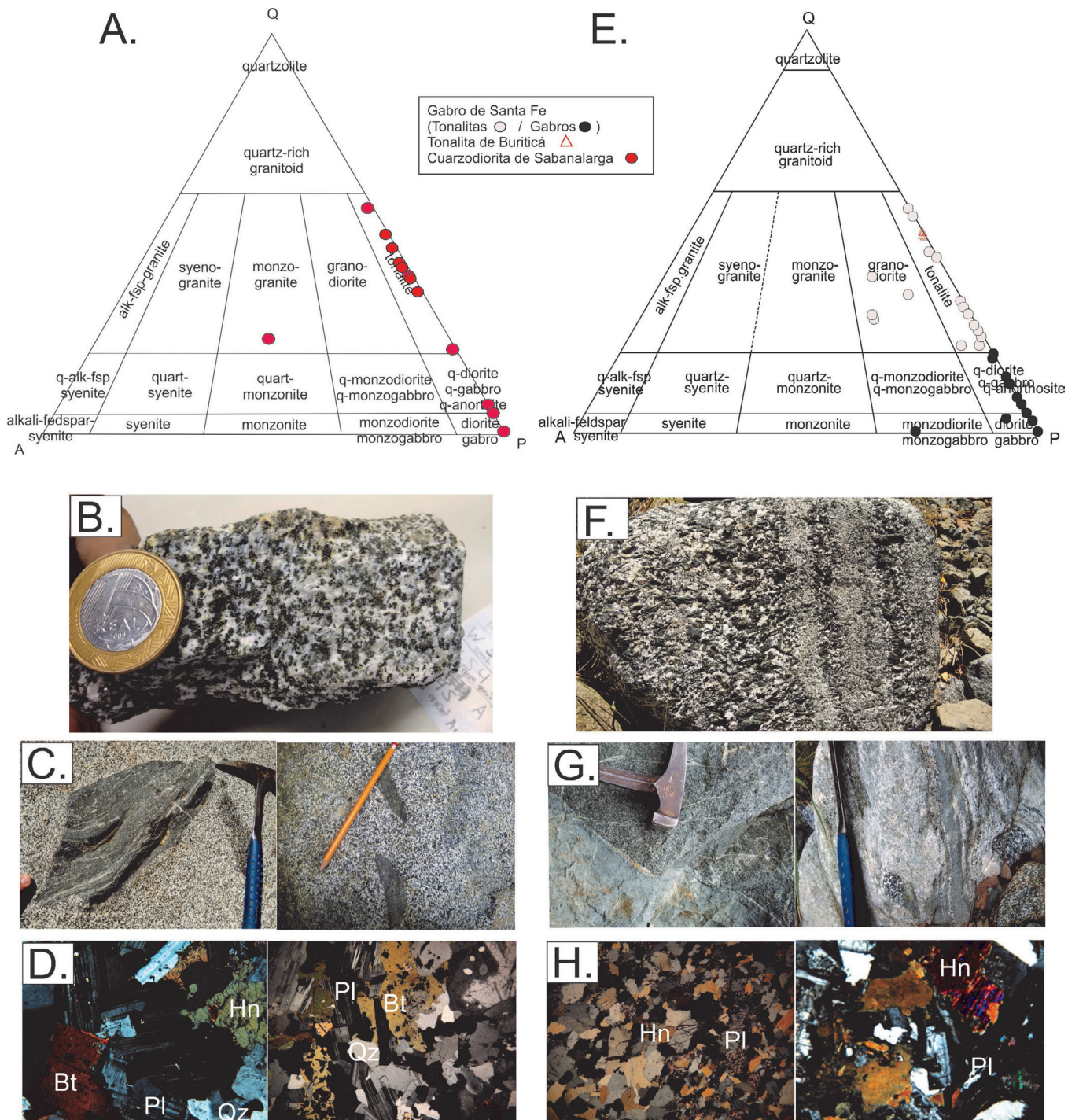


Figura 3 A. Clasificación petrográfica de la Cuarzodiorita de Sabanalarga. B. Muestra macro de una cuarzo-diorita. C. Izq: Xenolitos de esquists de qz-msk-graf en Cuarzodiorita, Der: Gabarros de Gabros en Cuarzodioritas. D. Microfotografías correspondientes a la Cuarzodiorita de Sabanalarga. E. Clasificación petrográfica muestras Gabro de Santa Fe. F. Aspecto macroscópico del Gabro de Santa Fe. G. Izq: Contacto intrusivo del Gabro de Santa Fe en Basaltos de la Fm. Barroso, Der: Xenolitos de anfibolitas correspondientes a la Granulita de Pantanillo. H. Microfotografías del Gabro de Santa Fe.

5.2. GEOQUÍMICA

De este trabajo y de otros anteriores (Weber *et al*, 2015; Geoestudios, 2005; ver Tabla 1), se analizaron elementos mayores y trazas de 12 muestras distribuidas entre monzogranitos, tonalitas, cuarzodioritas y gabros de la unidad Cuarzodiorita de Sabanalarga y dioritas, tonalitas y microgabros, correspondientes al Gabro de Santa Fe. Las muestras se encuentran relativamente frescas

con valores “Loss on ignition” LOI <2.8 para la Cuarzodiorita de Sabanalarga y LOI <1.8 para el Gabro de Santa Fe.

Para las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga, el contenido de SiO_2 varía entre 59.5 y 46.7%; el contenido de Al_2O_3 varía entre 5.41- 16.9 % y el de MgO , entre 2.6-15.4 %. De la misma manera, registra valores de $\text{Sr}=78.6$ -504 ppm $\text{Y}=12$ -25 ppm y razones $\text{Sr/Y}=6.5$ -

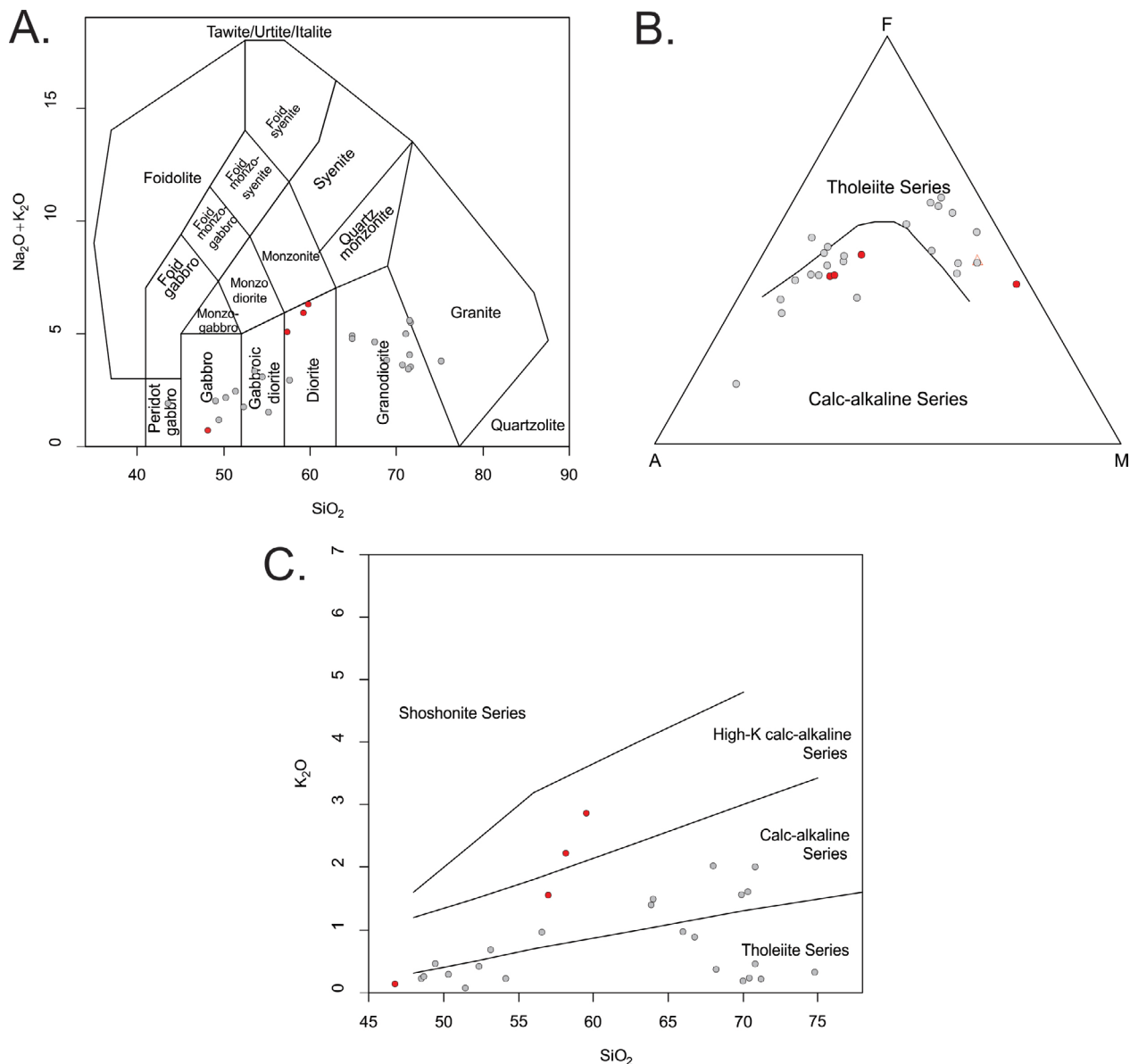


Figura 4 A Diagramas de discriminación tectónica B) TAS (Middlemost, 1985); b) AFM (Irvine & Baragar, 1971); C) SiO_2 vs K_2O (Peccerillo y Taylor, 1976).

Tabla 1. Elementos mayores y trazas para las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de Santa Fe.

	Cuarzodiorita de Sabanalarga				Gabro de Santa Fe								
Muestra	MGO-238	ARO-247	JPZ-174	LMC-353	VR192R	AN1836	TCR727A	GR5448	DAN70	VR422R	JA146	JGT116B	GR145R
SiO ₂	59.5	58.17	56.96	46.75	43.11	48.49	48.67	49.45	51.46	52.35	53.12	56.57	63.82
TiO ₂	0.84	0.74	0.92	0.7	1.22	0.93	0.64	0.79	0.23	0.67	0.67	0.49	0.54
Al ₂ O ₃	16.98	17.65	17.49	5.41	17.75	16.34	12.22	16.92	15.36	17.63	12.45	13.84	15.11
Fe ₂ O ₃	6.86	6.56	7.97	11.55	14.85	12.87	13.2	12.43	9.86	9.88	9.4	8.64	6.37
MgO	2.6	2.58	3.29	15.41	7	6.38	9.76	5.67	9.31	4.52	9.01	5.94	2.35
CaO	6.1	6.43	7.36	16.2	12.41	11.36	12.63	10.71	10.33	9.18	9.58	9.6	5.23
Na ₂ O	3.42	3.59	3.47	0.56	1.61	1.83	0.86	1.7	1.58	2.81	2.28	1.88	3.38
K ₂ O	2.86	2.23	1.55	0.14	0.29	0.2	0.23	0.46	0.07	0.39	0.66	0.94	1.38
P ₂ O ₅	0.23	0.25	0.25	0.08	0.4	0.35	0.09	0.13	0.03	0.15	0.26	0.12	0.11
MnO	0.13	0.13	0.15	0.2	0.25	0.25	0.21	0.18	0.18	0.18	0.16	0.18	0.11
LOI	0.45	1.55	0.57	2.84	0.9	0.89	1.4	1.52	1.39	2.2	1.1	1.83	1.5
Sum	99.97	99.88	99.99	99.99	99.8	99.89	100	100	99.8	100	98.69	100	99.9
Li	33.13	15.81	27.36	11.75			1.13						
Be	2.55	2.34	1.68	0.44			0.31						
Sc	25.29	22.86	31.93	116.76	36	39	80.28	40	38	24	33	47	19
Co	22.56	20.65	24.32	120.35	45.8	32	58.47		49	29	39	29	15.5
Ni	8.45	8.99	8.62	113.49	18	40	83.22	10	100	20	90	40	5
Cu	29.33	12.45	12.29	280.79		130	38.45		30		20	70	
Zn	94.9	95.52	103.66	69.2		100	92.83		90		70	70	
Ga	19.68	23.39	24.03	7.37	18.4	17	13.29	15	15	17.1	15	15	15
As	3.34	1.67	1.2	2.22			0.44						
Rb	116.47	57.08	42.67	2.03	5.6	4	2.31	9	2	8.4	16	13	22.6
Sr	365.32	502	504.51	78.69	445.1	364	151.52	327	185	377.4	384	324	227.3
Y	25	20	21	12	19.8	10.4	7	8.9	5.6	15.9	13	11.9	20.6
Cs	2.87	0.85	1.35	0.06	0.1	0.1		0.05		0.2	0.4	0.2	0.2
Ba	656.75	866.9	803.04	46.16	96.5	133	76.5	167	50	169.7	375	332	922.3
La	12.65	13.85	12.01	5.94	6.1	3.61	4.95	4.26	1.25	5.9	7.14	7.98	7.1
Ce	23.29	24.49	21.29	10.63	17	8.72	8.56	9.28	2.72	14.1	15.2	16.5	16.1
Pr	3.62	3.73	3.24	1.22	2.67	1.32	0.7	1.39	0.4	2.19	2.32	2.29	2.35
Nd	17.39	15.21	15.13	5.99	13.3	6.14	3.82	6.47	1.92	10.5	10.3	8.86	10.9
Sm	4.09	3.75	3.95	1.98	3.4	1.6	1.21	1.6	0.57	2.4	2.56	2.02	2.8
Eu	1.36	1.44	1.53	0.68	1.28	0.773	0.52	0.55	0.336	0.89	0.922	0.78	0.87
Gd	4.39	4.09	4.31	2.35	3.63	1.75	1.38	1.74	0.64	2.52	2.3	1.84	3.24
Tb	0.76	0.61	0.69	0.42	0.6	0.31	0.25	0.27	0.14	0.42	0.4	0.33	0.56
Dy	4.48	3.7	3.99	2.62	3.47	1.84	1.45	1.61	0.92	2.6	2.35	2	3.16
Ho	0.96	0.76	0.83	0.53	0.65	0.36	0.28	0.32	0.19	0.52	0.44	0.41	0.7
Er	2.93	2.36	2.51	1.52	1.91	1.07	0.85	0.95	0.57	1.58	1.3	1.22	2.02
Tm	0.43	0.34	0.35	0.2	0.3	0.157	0.12	0.14	0.087	0.27	0.194	0.184	0.36
Yb	2.81	2.33	2.29	1.23	1.88	1.04	0.73	0.92	0.6	1.63	1.21	1.24	1.93
Lu	0.43	0.37	0.35	0.16	0.28	0.164	0.11	0.15	0.102	0.26	0.187	0.19	0.3
Th	3.49	2.65	1.79	0.41	0.1	0.28	0.18	0.14	0.15	0.5	0.77	1.56	0.9
U	1.67	0.95	0.69	0.2		0.08	0.07	0.17	0.04	0.1	0.23	0.33	0.5
V	185	163	217	343	410	309	351	415	149	252	245	301	133
Zr	150	107	100	33	20.4	17	20	28	13	37	28	25	87.5
Nb	5	4	4	3	2.9	1.5		3	0.7	2.6	1.7	1.3	3.2
Hf					0.8	0.6		1	0.4	1.3	1	1	3.1
Eu/Eu*	0.99	1.13	1.14	0.97	1.12	1.42	1.24	1.01	1.71	1.11	1.17	1.24	0.89
LaN/YbN	3	3.96	3.5	3.22	2.16	2.31	4.52	3.09	1.39	2.41	3.93	4.29	2.45
LaN/SmN	1.91	2.27	1.87	1.85	1.1	1.39	2.52	1.64	1.35	1.51	1.72	2.43	1.56
Sum_REE	79.58	77.03	72.47	35.49	56.47	28.85	24.93	29.65	10.45	45.78	46.82	45.84	52.39

Tabla 1. (Continuación) Elementos mayores y trazas para las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de Santa Fe.

Muestra	Gabro de Santa Fe														
	GR146R	TCR715	TCR732	MR152R	JA74	TCR437	JPZ159A	VR301R	AN18344	AN18342	VR290R	JGT-118A	LMC-385B	TCR-812	TCR-815
SiO ₂	63.99	65.98	66.76	68.03	68.19	69.91	70	70.32	70.44	70.81	70.82	71.21	74.79	50.33	54.14
TiO ₂	0.54	0.32	0.53	0.3	0.42	0.36	0.31	0.39	0.33	0.34	0.35	0.32	0.23	0.63	0.38
Al ₂ O ₃	15.01	15.04	15.63	15.67	15.13	14.24	14.79	13.97	13.9	13.64	13.8	14.06	14.5	16.81	14.73
Fe ₂ O ₃	6.57	4.14	4.66	3.58	4.4	3.29	4.82	4.32	4.58	3.95	3.84	4.43	0.78	9.1	11.16
MgO	2.31	2.72	1.5	1.37	1.39	1.07	0.73	1.01	1.13	1.12	0.94	1.14	0.51	8.05	6.37
CaO	5.41	5.59	5.14	3.88	5.56	3.24	4.76	3.86	4.85	5.09	3.65	4.64	4.91	10.36	9.73
Na ₂ O	3.25	3.14	3.66		3.37	3.76	3.36	3.29	3.13	3.53	3.48	3.25	3.39	2.14	1.23
K ₂ O	1.47	0.95	0.86	2	0.35	1.54	0.16	1.59	0.21	0.43	1.99	0.19	0.3	0.28	0.2
P ₂ O ₅	0.12	0.1	0.15	0.19	0.16	0.11	0.08	0.12	0.07	0.08	0.11	0.13	0.08	0.177	0.06
MnO	0.1	0.07	0.09	0.12	0.08	0.1	0.07	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.02	0.172	0.15805
LOI	1.1	1.8	1.02	1	0.75	2.3	1.01	0.9	0.93	1.28	0.8	0.95	0.56	1.84	1.74
Sum	99.9	99.9	100	96.1	99.81	99.9	100.1	99.8	99.65	100.3	99.9	100.4	100.1	99.95	99.97
Li		9.51	1.63			2.63	3.21						1.52	2.608	1.71447
Be		1.62	1.34			1.34	0.72						1.86	0.517	0.22657
Sc	19	22.97	18.74	5	13	7.74	16.49	11	16	16	10	15	6.76	30.620	35.0867
Co	15.3	22.3	17.88	5.6	9	15.59	17.12	6.6	8	7	8.4	9	18.02	33.698	43.7997
Ni	66	20.36	5.43	5		8.61	3.94	6			5		4.02	89.5913	58.5825
Cu		40.96	6.91		10	8.15	16.6		10	60		30	3.18	9.717	44.0194
Zn		51.76	43.64		40	52.44	46.32			50			10.81	61.965	67.004
Ga	14.4	17.11	15.59	14.1	16	18.88	15.93	12.4	13	12	13.1	14	12.55	13.082	12.197
As		0.87	0.82			0.82	0.42						0.88		
Rb	18.9	15.8	10.89	42	6	51.4	3.52	16.9	5	6	37.5	4	3.66	4.993	2.877
Sr	268.9	732.38	352.66	523.4	354	282.45	191.5	221.3	136	145	203.2	137	362.91	369.347	145.726
Y	20.3	6	15	12.8	9.9	15.65	4	20.9	17.6	16.6	20.2	15	14	13	36
Cs	0.2	0.4	0.06	0.7	0.1	0.27	0.12				0.4			0.087	
Ba	1011	1360.02	754.56	1861.1	198	441.96	137.32	1644.3	137	174	1220.1	147	355.89	323.897	118.815
La	6.6	8.15	10.66	20.9	6.31	10.63	7.14	9	6.06	5.89	8	6.02	9.81	11.070	4.965
Ce	16.6	13.7	19.35	40.3	12.4	20.45	9.7	20.8	12.8	12.2	18.6	12.4	16.27	20.228	8.561
Pr	2.41	1.54	2.65	4.49	1.71	2.73	0.82	2.88	1.65	1.56	2.66	1.62	2.5	2.793	0.494
Nd	10.4	6.62	11.93	16.9	6.76	11.8	3.61	12.6	6.84	6.6	11	6.74	10.68	12.340	2.475
Sm	2.6	1.57	2.86	2.8	1.52	2.39	0.81	3	1.76	1.7	2.8	1.78	2.35	2.844	0.725
Eu	0.75	0.97	1.14	0.75	0.637	1.1	0.65	0.79	0.609	0.555	0.81	0.593	0.78	1.150	0.369
Gd	3.17	1.43	2.9	2.09	1.36	2.32	0.95	3.43	2.03	2.02	3.39	1.92	2.21	2.831	0.781
Tb	0.55	0.2	0.46	0.35	0.25	0.4	0.13	0.62	0.4	0.4	0.57	0.38	0.36	0.444	0.145
Dy	3.31	1.04	2.63	2.07	1.58	2.21	0.78	3.55	2.65	2.6	3.44	2.58	1.97	2.530	0.949
Ho	0.64	0.2	0.54	0.42	0.32	0.47	0.16	0.72	0.56	0.55	0.71	0.55	0.43	0.535	0.202
Er	2.11	0.55	1.58	1.33	0.94	1.42	0.48	2.07	1.74	1.72	2.21	1.65	1.35	1.586	0.609
Tm	0.31	0.07	0.23	0.23	0.142	0.21	0.06	0.35	0.268	0.268	0.35	0.26	0.21	0.224	0.091
Yb	2.02	0.47	1.48	1.36	0.97	1.39	0.45	2.32	1.85	1.78	2.31	1.75	1.45	1.483	0.592
Lu	0.32	0.06	0.23	0.26	0.153	0.22	0.07	0.35	0.287	0.282	0.37	0.281	0.24	0.231	0.102
Th	1	1.41	1.73	5.2	1.73	2.17	0.22	1.6	0.99	0.94	1.8	0.94	6.86	1.609	0.169
U	0.5	0.68	0.36	0.8	0.37	0.3	0.15	0.7	0.26	0.25	0.6	0.23	0.86	0.897	0.492
V	131	96	103	56	89	40.7	35	61	55	59	58	59	28	248	252
Zr	84.7	54	81	79.5	96	94.2	54	108.9	80	76	111.4	81	57	38	15
Nb	3.3	2	4	3.7	2.9	5.9	2	4.3	5.1	4.7	4.4	4.6	4	2	
Hf	2.8			2.5	2.2			3.5	2.1	2	3.6	2			
Eu/Eu*	0.8	1.99	1.22	0.95	1.36	1.44	2.28	0.76	0.99	0.92	0.81	0.99	1.05	1.25	1.51
LaN/YbN	2.18	11.56	4.8	10.25	4.34	5.1	10.58	2.59	2.18	2.21	2.31	2.29	4.51	4.97	5.59
LaN/SmN	1.56	3.19	2.29	4.59	2.55	2.74	5.42	1.85	2.12	2.13	1.76	2.08	2.57	2.39	4.21
Sum_REE	51.79	36.57	58.64	94.25	35.05	57.74	25.81	62.48	39.5	38.12	57.22	38.52	50.61	60.3	21.07

25.1 y $\text{La/Yb}=4.4\text{-}5.9$. En el diagrama TAS (Middlemost, 1994) las muestras caen en el campo de los gabros y dioritas (Figura 4A), en el diagrama AFM (Irvine and Baragar, 1971) las muestras caen en el campo de las series calco-alcalinas y una muestra (LMC-353) corresponde a las series toleíticas (Figura 4B). En el diagrama de SiO_2 vs K_2O (Peccherillo y Taylor, 1976) las muestras varían de las series toleíticas, series calco- alcalinas hasta las series altas en K_2O (Figura 4C).

Para las muestras del Gabro de Santa Fe, el contenido de SiO_2 varía entre 74.7-48.6 %; el de Al_2O_3 , varía entre 0.78 a 13.2 %; el de MgO , varía entre 0.5-9.76 %, $\text{Na}_2\text{O}=0.86\text{-}3.76$ %; y el de K_2O , varía entre 0.2 hasta 1.4 %; presentando valores de $\text{Sr}=151\text{-}732$ ppm, $\text{Y}=7\text{-}20.9$ ppm y razones $\text{Sr/Y}=9\text{-}122$ y $\text{La/Yb}=2.08\text{-}7.6$ afines con algunas características adakíticas (Kay and Kay, 2002). En el diagrama TAS (Middlemost, 1994), las muestras caen en el campo de los gabros, gabbro-dioritas, dioritas y granitos (Figura 4A); en el diagrama AFM (Irvine y Baragar, 1971), las muestras se distribuyen en dos grupos bien definidos en la figura 4b entre muestras de las series calco-alcalinas (muestras intermedias) y las series toleíticas (muestras máficas). Por último, en el diagrama de SiO_2 vs K_2O (Peccherillo y Taylor, 1976), las muestras se distribuyen igualmente entre dos

grupos, entre las series toleíticas y las series calco-alcalinas (Figura 4C).

Las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga normalizadas al N-MORB (Sun y McDonough, 1989), presentan enriquecimiento en “Large Ion Lithophile elements” (LILE). En comparación con los “High Field Strength elements” HFSE y las tierras raras (REEs), con anomalías negativas de Ta, Nb-Ti y enriquecimientos en Cs, Ba y K (Figura 5A), características de magmas formados en una zona de subducción. Normalizadas al Condrito (Nakamura, 1974), las muestras presentan enriquecimiento en tierras raras livianas respecto a las tierras raras pesadas, con razones $(\text{La/Yb})_N=3.0\text{-}3.96$ y $(\text{La/Sm})_N=2.85\text{-}2.27$ (Figura 5B).

Las muestras del Gabro de Santa Fe normalizadas al N-MORB (Sun y McDonough, 1989), presentan enriquecimiento en LILE respecto a HFSE y las REEs, con anomalías negativas de Nb-Ti, y anomalías positivas de Ba, Cs y K (Figura 5A), afines a magmas formados en ambientes de subducción. Normalizados al Condrito (Nakamura, 1974), las muestras presentan enriquecimiento en HREE, respecto a LREEs, con valores $(\text{La/Yb})_N=2.16\text{-}11.5$, y $(\text{La/Sm})_N=1.35\text{-}5.42$ (Figura 5B).

En el diagrama de clasificación Nb/Yb-Th/Yb (Pearce, 2008) se observa que tanto las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga y el Gabro de

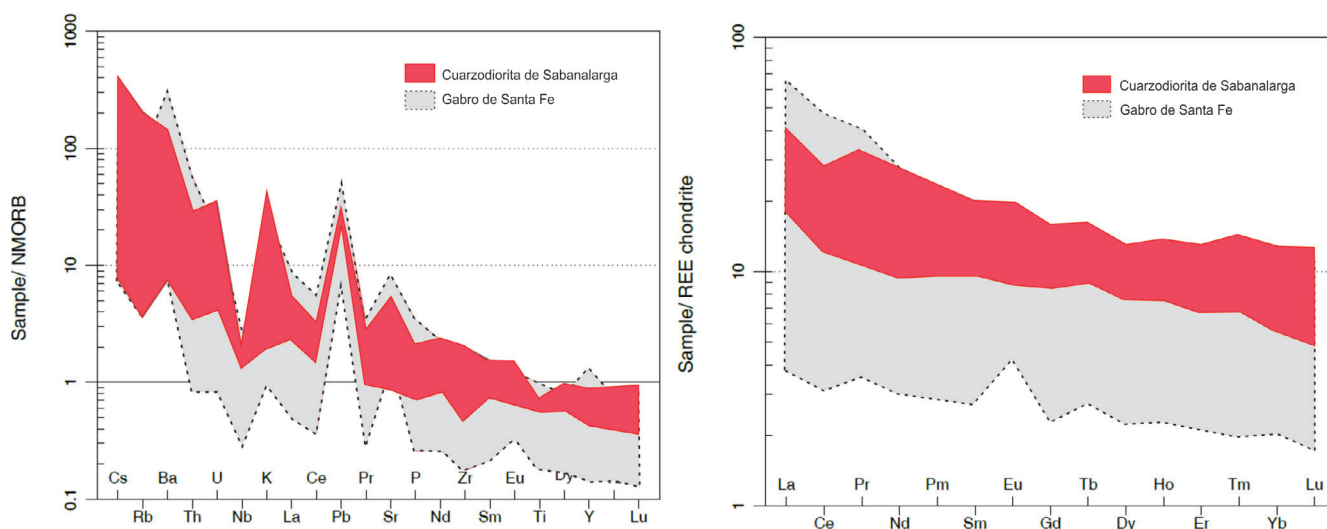


Figura 5 A. Diagrama normalizado al N-MORB (Sun & McDonough, 1989). B. Diagrama normalizado al Condrito (Nakamura, 1974).

Santa Fe presentan enriquecimiento en Th y Nb (Figura 6A), característico de magmas sometidos a proceso de interacción con corteza en ambientes de subducción (Pearce, 2008). En el diagrama de Condie y Kroner (2013), se observa que las muestras correspondientes a la Cuarzodiorita de Sabanalarga presentan altos valores $(La/Yb)_N$ vs Sr/Y, correspondientes a arcos continentales; mientras que las muestras del Gabro de Santa Fe se dispersan entre arcos oceánicos y arcos continentales (Figura 6B).

Además, razones $(La/Yb)_N = 3-3.96$ y $Sr/Y = 14-25$ y un espesor cortical aproximado de 23-29.7 Km (Profeta *et al.*, 2015) fueron calculados para la Cuarzodiorita de Sabanalarga. Igualmente razones $(La/Yb)_N = 2.18-11.56$ y $Sr/Y = 11-122$ y un espesor cortical de ca. 17-52 Km (Profeta *et al.*, 2015) fueron calculados para el Gabro de Santa Fe.

5.3. GEOCRONOLOGÍA

Los análisis geocronológicos fueron realizados siguiendo metodologías distintas por los grupos SGC y UERJ y su distribución espacial se puede observar en la figura 2.

En el SGC fueron analizadas 5 muestras; 2 de la Cuarzodiorita de Sabanalarga (muestras JPZ-178 y MGO-238), y 3 del Gabro de Santa Fe (muestras JPZ-121, JPZ-159A, TCR-815). El grupo de trabajo UERJ analizó 10 muestras; de las cuales, 4 corresponden a la Cuarzodiorita de Sabanalarga (WSS, W67TR, W65MT), 4 al Gabro de Santa Fe (WSE, W68SC, W64SA y WTrCa), 1 al Stock de Buriticá (WBR) (Anexo 1).

5.3.1. CUARZODIORITA DE SABANALARGA

En la muestra JPZ-178 (granodiorita) se analizaron 45 circones, subhedrales a euhedrales, prismáticos alargados e incoloros, con tamaños entre 70 y 100 μm . A pesar de la catodoluminiscencia (CL) no ser de buena resolución se observan texturas de zonación oscilatoria concéntrica, texturas de reabsorción magmáticas (Vavra *et al.*, 1999) y valores $Th/U = 0.57-0.28$ típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002). La edad media ponderada de cristalización de la muestra se calculó a partir de la relación $^{206}Pb/^{238}U$ 71.6 ± 1.2 Ma (MSWD=1.7, $n=26$; Figura 7).

En la muestra MGO-238 (granodiorita), se analizaron 53 circones subhedrales a euhedrales, pris-

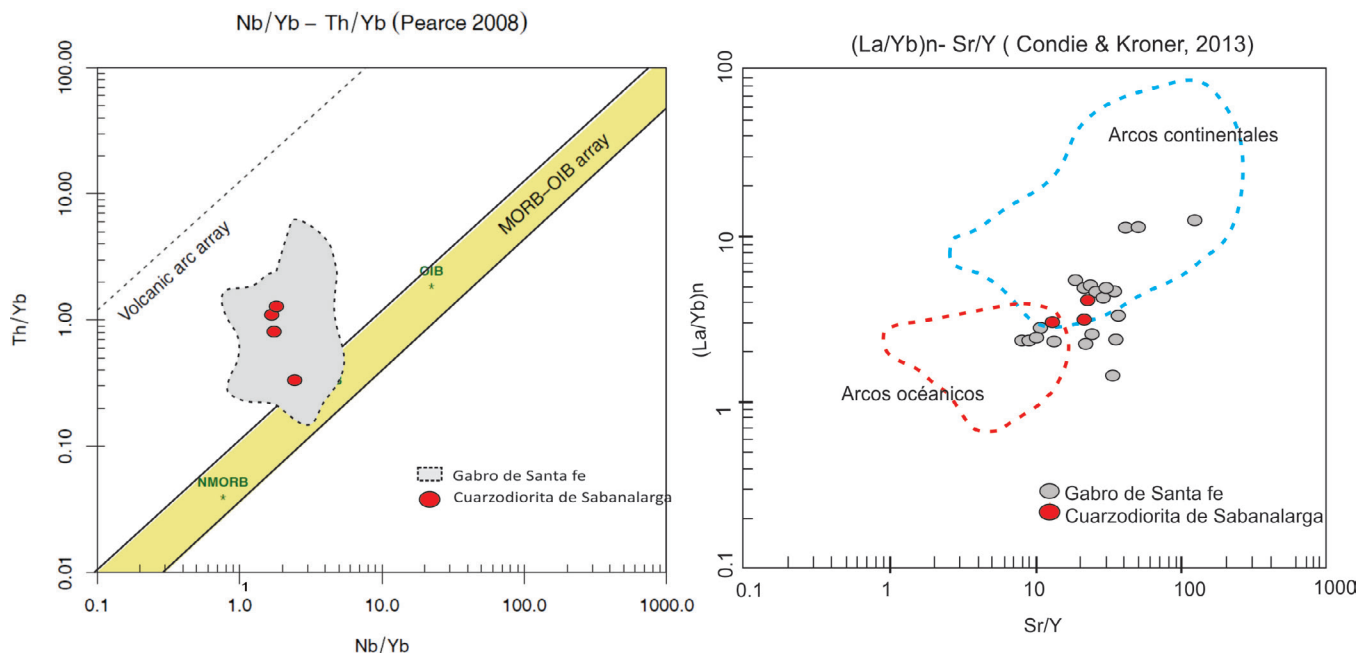


Figura 6 A. Diagrama de discriminación tectónica Nb/Yb vs Th/Yb (Pearce, 2008). B. Diagrama de discriminación $(La/Yb)_N$ vs Sr/Y (Condie & Kroner, 2013).

máticos alargados e incoloros, con tamaños entre 100 y 120 μm . En imágenes de CL se observan algunas texturas de zonación oscilatoria concéntrica y texturas de reabsorción típicas de circones magmáticos (Vavra *et al.*, 1999). En el diagrama concordia Wetherill, se presentan dos poblaciones de datos: el primero alrededor de 75-80 Ma y el segundo entre 95-120 Ma (Figura 7). La edad media ponderada de cristalización se calculó $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 71.5 ± 2.4 Ma (MSWD de 2,4, $n=8$). En el diagrama Concordia (Figura 7), se observan edades heredadas del segundo grupo de datos de: $96,38 \pm 4,4$, $103,68 \pm 5,2$, $108,53 \pm 5,76$ y $112,30 \pm 7,73$ Ma, correspondientes posiblemente a edades heredadas de la roca caja. Para los circones analizados entre 75-80 Ma, se obtuvieron relaciones Th/U, entre 0.29 y 0.5 asociados a circones magmáticos (Rubatto, 2002). Mientras que para las herencias (> 90 Ma), se obtuvieron valores Th/U entre 0,07 y 0,043 afines con valores presentes en rocas metamórficas (Rubatto, 2002).

Las 4 muestras siguientes (WSS, W67TR, W65MT, W66HD), presentan circones ígneos euhedrales muy homogéneos y sin núcleos heredados, con tamaños entre 200 y 500 Micras (Figura 7). Los diagramas de concordia presentan dos poblaciones, una de ellas presenta elipses alargadas horizontalmente, asociados a errores mayores en la proporción $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$. La segunda población presenta elipses alargados diagonalmente con errores mayores en la proporción $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$. Los resultados de estas se describen a continuación:

En la muestra WSS (tonalita) se analizaron 18 granos de circón con tamaños entre 250 y 500 μm y valores Th/U= 0.79-0.38, típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002), quince granos y permitieron calcular una edad de 76.2 ± 3.4 Ma (Figura 7).

Para la muestra W67TR (tonalita), se analizaron 32 granos de circón, con tamaños que varían desde 200 hasta 400 μm , y valores Th/U= 0.69-0.36 típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002). No obstante, debido a altas concentraciones de ^{206}Pb , solo se consideraron los datos de 12 granos, los cuales permitieron calcular una edad de 74.6 ± 7.6 Ma (Figura 7).

En la muestra W65MT (cuarzodiorita), se analizaron dieciocho granos de circón con tamaños entre 200 y 300 μm y valores Th/U= 0.50-0.25 típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002). Esta muestra no presentó núcleos heredados o circones metamórficos (Figura 7), por lo que permitió calcular una edad de $85, 4 \pm 2.4$ Ma. Incluso discordante, la edad presenta un error pequeño.

En la muestra W66HD (tonalita) se analizaron dieciocho granos de zircón, con tamaños entre 200 y 400 μm y valores Th/U= 0.64-0.29, típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002); mismos que permitieron calcular una edad de 76.7 ± 2.4 Ma (Figura 7). Los granos en esta muestra se presentan en dos poblaciones con errores y edades similares.

5.3.2. GABRO DE SANTA FE

En la muestra JPZ-121 (tonalita hornblendica) fueron analizados 54 circones subhedrales a euhedrales, prismáticos cortos e incoloros, con tamaños entre 75 y 150 μm (Figura 8) y razones Th/U= 0.25-1.19, típicos de circones ígneos (Rubatto, 2002). El rango de dataciones obtenido varía entre 76 hasta 96 Ma en el diagrama Tera Wasserburg (Figura 8). Su edad fue calculada a partir de la relación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ en 79.71 ± 0.85 Ma (MSWD=1.09, $n=18$) (Figura 8).

Para la muestra JPZ-159A (tonalita), se analizaron 25 circones subhedrales a euhedrales, prismáticos e incoloros, y algunos rotos con tamaños entre 50 y 150 μm (Figura 8). En las imágenes de CL se observa zonación oscilatoria. Las edades varían entre 86.9 a 88.3 Ma y son concordantes en el diagrama Tera Wasserburg (Figura 8). La edad media ponderada fue calculada $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 86.7 ± 1.6 Ma (MSWD= 2.6, $n= 23$), con valores U/Th= 0.9-0.78; valores típicos de circones ígneos (Rubatto, 2002).

Para la muestra TCR-815 (microgabro), se analizaron 166 circones, subhedrales a anhedrales, rotos o como prismas cortos con tamaños entre 50 y 100 μm (Figura 8). En imágenes de CL los circones presentan zonación oscilatoria. El rango de la muestra varía de 76 a 89 Ma y son concordantes en el diagrama Tera Wasserburg (Figura 8). Finalmente, su edad fue calculada $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de

81.86±0.61 Ma (MSWD=1.18, n=92), y valores U/Th=0.3-1.21, valores típicos de circones ígneos (Rubatto, 2002).

Para la muestra WSF (diorita), fueron analizados 18 granos con tamaño variable entre 50 y 200 µm y valores Th/U= 0.61-0.31, típicos de circones magmáticos, (Figura 8). Esta muestra presentó circones ígneos euhedrales, con crecimiento oscilatorio, cristalizados sin núcleos heredados y una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 78.4±6.4 Ma (n=12) (Figura 8). La mayoría de los datos de este análisis fueron discordantes, debido principalmente a proporciones altas de ^{206}Pb .

En la muestra W68SC (cuarzodiorita) fueron analizados 27 granos con tamaños entre 150 y 400 µm y valores Th/U= 0.93-0.54 típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002), (Figura 8), de los cuales fueron concordantes 18 disparos. Presentó circones ígneos euhedrales, con crecimiento oscilatorio, bien cristalizados y sin núcleos heredados y se calculó una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 79 ± 2.4 Ma (Figura 8). Todos los análisis presentan una alta concordancia con edades semejantes (Figura 8).

En la muestra W64SA (diorita), fueron analizados 18 granos de circón, con tamaños entre 150 y 300 µm y valores Th/U= 0.78-0.19, típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002; Figura 8). La muestra presentó circones ígneos euhedrales, con crecimiento oscilatorio, bien cristalizados (Vavra *et al.*, 1999) y sin núcleos heredados y una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 79 ± 14 Ma (Figura 8).

La muestra WTrCa (diorita) corresponde a una diorita con abundantes xenolitos de la Granulita de Pantanillo y cortada por diques asociadas al magmatismo terciario presente en la zona. En esta fueron analizados 19 circones con tamaños entre 100 y 300 µm y valores Th/U= 0.82-0.29, típicos de circones magmáticos (Rubatto, 2002; Figura 8), ígneos euhedrales, con crecimiento oscilatorio, cristalizados y sin núcleos heredados y una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 81.4 ± 2 Ma.

5.3.2.1. STOCK DE BURITICÁ

La muestra WBR (tonalita) presentó una edad $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, concordante de 93.9± 3 Ma, con 18 granos analizados. Los granos son euhedrales, sin

núcleos heredados y tamaños entre 100 y 500 µm y valores Th/U= 1.17-0.30 asociados a circones magmáticos (Rubatto, 2002; Figura 9). La edad obtenida fue menor, de la de 102 Ma reportada por Weber *et al.*, (2015); pero consistentemente mayor con las obtenidas en el Gabro de Santa Fe.

6. Discusión y conclusiones

Nuevos datos geoquímicos, geocronológicos y cartografía geológica detallada de los plutones que intruyen a ambos márgenes de la Falla Sabanalarga (Hall *et al.*, 1972; Rodríguez *et al.*, 2012a; Correa *et al.*, 2018), permitieron separar con mayores argumentos el denominado “Batolito de Sabanalarga” (González *et al.*, 1976; Álvarez y González, 1978; González, 2002; Rodríguez *et al.*, 2012a). En Cuarzodiorita de Sabanalarga y Gabro de Santa Fe, continuando la separación planteada por Nivia y Gómez (2005) hecha en base a diferencias petrográficas y relaciones de campo respecto a la definición original para el Plutón de Sabanalarga de Hall *et al.*, (1972); Álvarez *et al.*, (1975); Mejía *et al.*, (1983).

Asimismo, relaciones de campo evidenciadas durante la cartografía geológica permitieron identificar dos bloques tectónicos autónomos, intruidos por plutones de diferente composición y edad similar a ambos márgenes de la Falla Sabanalarga. Los análisis demostraron que, al este la Cuarzodiorita de Sabanalarga, un cuerpo de composición principalmente tonalita y con edades ígneas de 76.7±2.4, 85.4±2.4, 74.6±7.6, 76.2±3.4, 71.6±1.2, 71.5±2.4 Ma, intruye rocas metamórficas en facie esquisto verde asociadas al Complejo Cajamarca (terreno Tahamí). Del mismo modo, al oeste el Gabro de Santa Fe de composición gabro-gabrodiorita y con edades ígneas de 79.71±0.85, 86.7±1.6, 81.86±0.61, 78.4±6.4, 79±2.4, 79±14, 81.4±2 Ma, se encuentra intruyendo rocas volcánicas básicas de ambiente oceánico de la Formación Barroso (terreno Caribe) y con algunos cuerpos de xenolitos en facie granulita de la Anfibolita de Pantanillo (Cardona, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012), con edades de cristalización de 87.9±1.7,

Cuarzodiorita de Sabanalarga

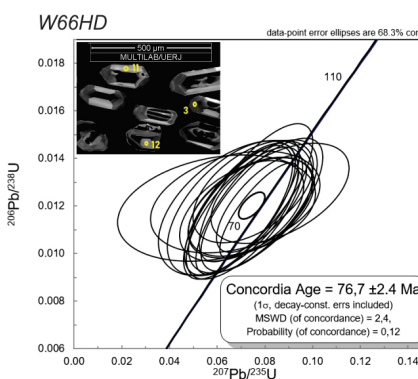
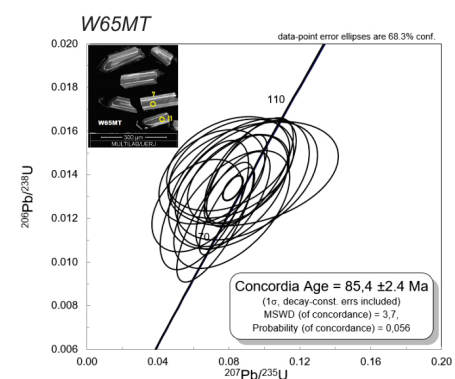
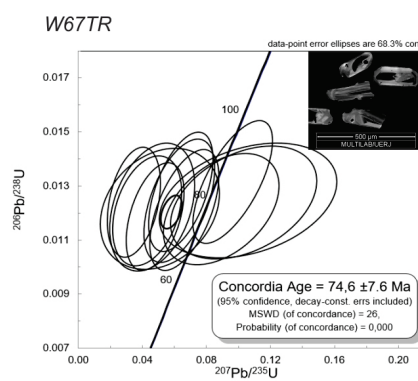
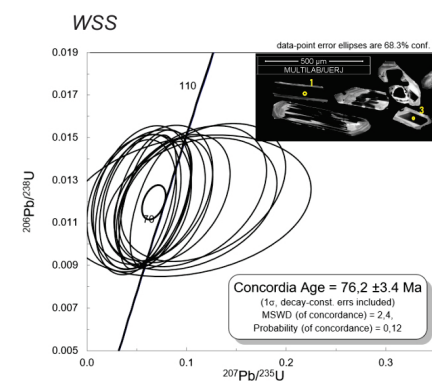
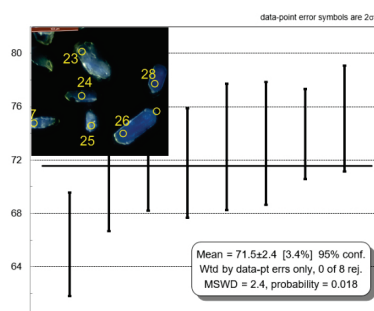
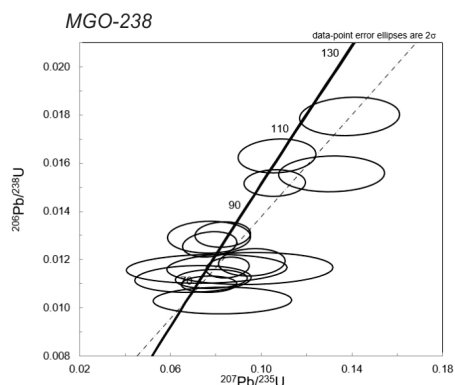
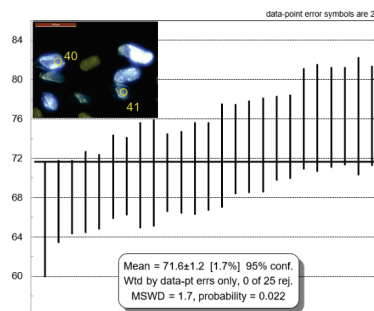
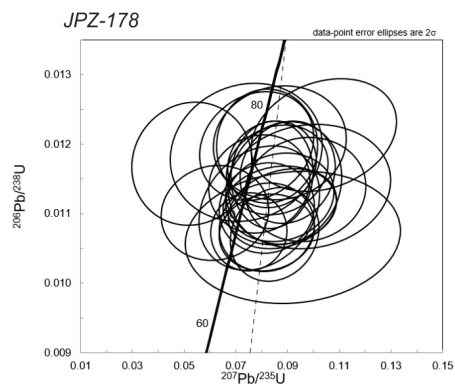


Figura 7 Edades U-Pb muestras JPZ-178, MGO-238, WSS, W67TR, W65MT, W66HD.

Gabro de Santa Fe

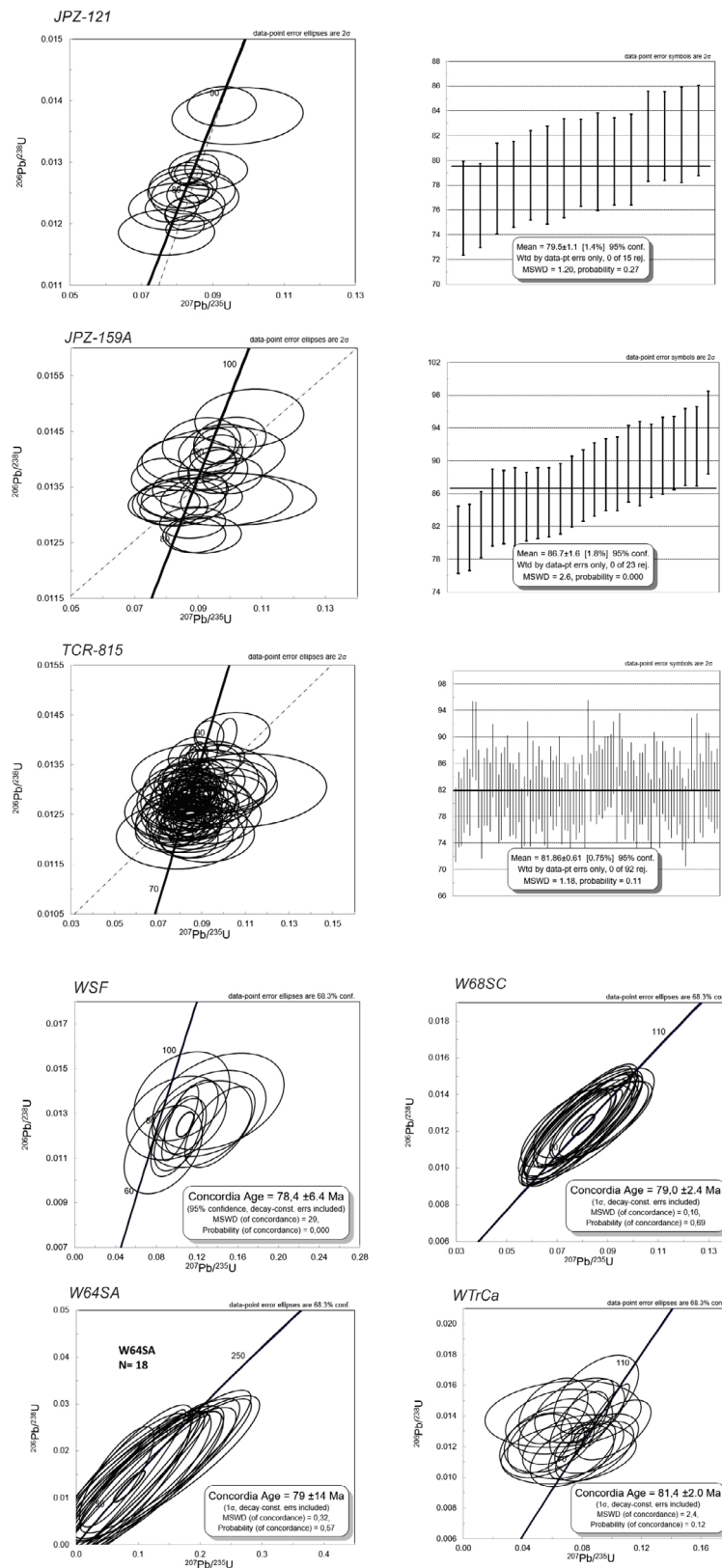


Figura 8 Edades U-Pb muestras JPZ-121, JPZ-159A, TCR-815, WSF, W68SC, W64SA, WTrCa.

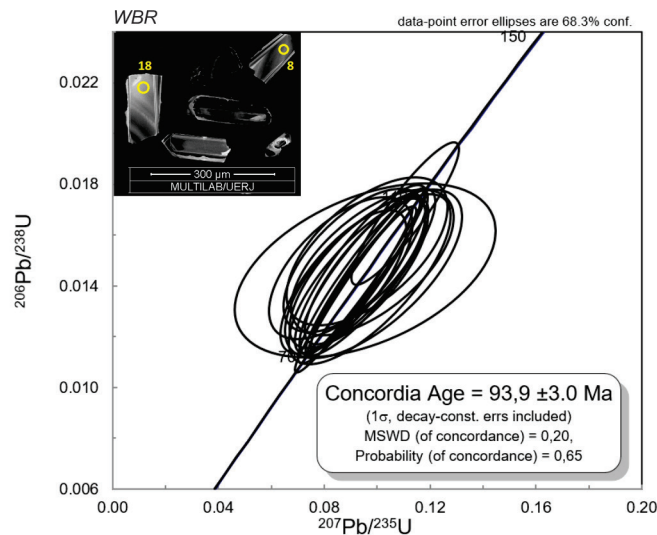


Figura 9 Edades U-Pb muestra WBR.

84.2 ± 0.69 y 80.9 ± 1.2 Ma (Correa *et al.*, 2018) y asociados a las raíces del arco volcánico engrosado (Toro-Toro *et al.*, 2020).

Entre ambos plutones y al interior de las trazas de la falla de Sabanalarga, se encuentran un cinturón de bloques de basaltos, esquistos, rocas ultramáficas y milonitas que varían en el grado de su deformación. Los dos intrusivos presentan anomalías de Nb-Ti, patrones de HFSE y REE en los diagramas multielementales característicos de rocas generadas en ambientes de subducción. Sin embargo, tienen algunas diferencias: la Cuarzodiorita de Sabanalarga presenta valores de $Sr=78.6-504$ ppm, $Y=12-25$ ppm y razones $Sr/Y=6.5-25.1$ y $La/Yb=4.4-5.9$ características de magmas no adakíticos; mientras tanto, el Gabro de Santa Fe presenta valores de $Sr=151-732$ ppm, $Y=7-20.9$ ppm y razones $Sr/Y=9-122$ y $La/Yb=2.08-7.6$ afines con algunas características adakíticas (Kay y Kay, 2002). Además, en el diagrama de discriminación tectónica $(La/Yb)_n$ vs Sr/Y (Condie y Kroner, 2013) de la figura 6b se observa que las rocas asociadas a la Cuarzodiorita de Sabanalarga caen en el campo de los arcos continentales; mientras que las rocas del Gabro de Santa Fe caen entre los campos de arcos oceánicos y continentales; sugiriendo la evolución a partir de un arco inmaduro.

Las diferencias de espesor cortical, basadas en valores La/Yb y Sr/Y (Profeta *et al.*, 2015) para la Cuarzodiorita de Sabanalarga, arrojan espesores entre 23-29 km y de 17-52 Km para la corteza Gabro de Santa Fe; datos que indican que ambos plutones se emplazaron en cortezas de diferente espesor; una continental de 23-29 km (al este del SFCR) y una corteza oceánica engrosada de 15-52 km (al oeste del SFCR). En la margen oriental asociada al magmatismo tipo Batolito Antioqueño-Stock de Ovejas (Leal-Mejía, 2011; Duque-Trujillo *et al.*, 2019) y en el margen occidental asociada a la formación de granitos sobre corteza tipo Plateau en ambientes de subducción o fusión parcial de la corteza oceánica (Weber *et al.*, 2015).

Las muestras de la Cuarzodiorita de Sabanalarga presentan valores de Zr hasta 150 ppm y las del Gabro de Santa Fe presenta valores desde 25-111 ppm. El contenido de Zr en los plutones estudiados muestran que la posibilidad de que el magma sea saturado en Zr es mayor para la Cuarzodiorita de Sabanalarga; esto por estar emplazada en un ambiente continental. Mientras que para el Gabro de Santa Fe, la saturación de Zr es menor en la mayoría de las muestras: debido a su ambiente oceánico (Weber *et al.*, 2015). Las bajas cantidades de Zr en el Gabro de Santa Fe

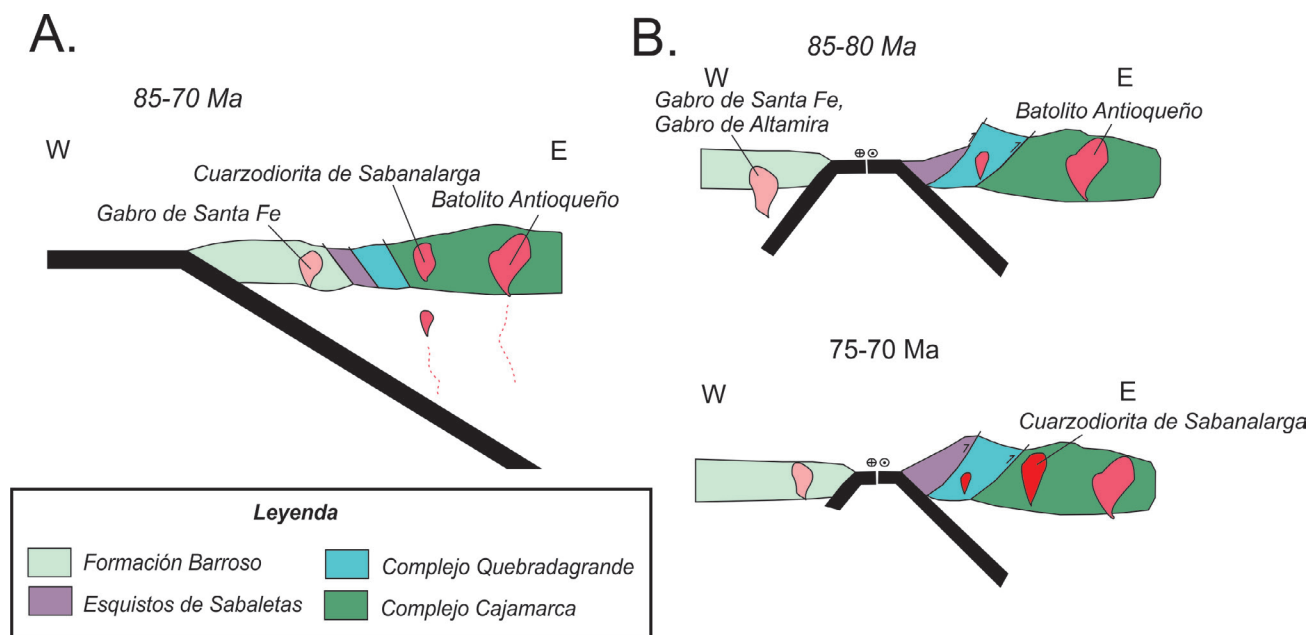


Figura 10 Modelos tectónicos A) Modelo de subducción con migración de la trinchera al occidente (Modificado de Rodríguez *et al.*, 2012). B) Modelo de doble subducción (Modificado de Villagómez *et al.*, 2011; Jaramillo *et al.*, 2017).

explican la dificultad para la separación de circones presentada por las rocas de dicha unidad.

Los datos U-Pb obtenidos en este trabajo indican que ambos cuerpos cristalizaron en el Cretácico Superior. La Cuarzodiorita de Sabanalarga presenta dos grupos de edades, posiblemente correspondientes a dos pulsos: el más joven está entre 71.5 y 76.7 Ma (con una media ponderada de 72.8 ± 2.9 Ma) y un dato más antiguo de 85 Ma. La morfología de cristales de circon (Giraldo, 2017) y los datos isotópicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70379-0.70379$ y $\epsilon_{\text{Nd}} = +6.58$ (Ordoñez-Carmona, 2001), permiten asociar este pulso al Stock de Altavista con $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70292, 0.70456, 0.70743$ y $\epsilon_{\text{Nd}} = +7.4, +9.8, +2.6$ (Correa *et al.*, 2006).

El Gabro de Santa Fe presenta edades entre 78.4 y 81.8 Ma (con una media ponderada de 81.0 ± 1.4 Ma) y una edad de 86.7 ± 1.6 Ma, similares a las edades de 80 y 87 Ma de la Granulita de Pantanillo. Cuerpos satélites asociados al Gabro de Santa Fe, como el Stock de Buriticá, tienen edades U-Pb entre 93-100 Ma (Weber *et al.*, 2015). Ambos cuerpos presentan relaciones isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.7037$ y $\epsilon_{\text{Nd}} = +7$ (Weber *et al.*, 2015), y $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70469$ y $\epsilon_{\text{Nd}} = +6.67, +6.81$

(Ordoñez-Carmona, 2001), valores isotópicos primitivos (Weber *et al.*, 2015).

Ambos plutones presentan una diferencia de aproximadamente 8-10 Ma en su cristalización, siendo un poco más joven los Plutones al Este de la Falla Sabanalarga y asociados a una de las primeras etapas del magmatismo del Batolito Antioqueño, entre 81-72 Ma (Stock de Ovejas) (Leal-Mejía, 2011; Duque-Trujillo *et al.*, 2019). La edad de cristalización del Gabro de Santa Fe está asociada a cuerpos intrusivos de afinidad tonalítica en el Plateau Caribe menores a 100 Ma, como el Gabro de Altamira, Granito Pujilí, el Batolito de Buga y el Batolito de Aruba (White *et al.*, 1999, Vallejo, 2007; Villagómez *et al.*, 2011; Zapata-Villada *et al.*, 2017).

La existencia de dos arcos contemporáneos podría ser explicado en base a dos modelos geológicos, una subducción única o una doble subducción tipo Molucca. El modelo de subducción única explicaría dos magmas con características distintas; esto al considerar la existencia de la trinchera al occidente de la Formación Barroso, con fusión de placa a diferentes profundidades (Rodríguez *et al.*, 2012a). Debido a la reología y composición de los materiales intruidos, al occidente el basa-

mento engrosado del Plateau Caribe y al oriente el basamento metamórfico pre-cretáceo del terreno Tahamí, es probable que se generaran magmas de diferente afinidad geoquímica (Figura 10A). En este modelo sería necesario explicar las unidades que se encuentran entre las Fallas Cauca-Oeste y Falla San Jerónimo, como los Esquistos de Sabaletas y el Complejo Quebradagrande, (Figura 10A). Las evidencias de campo, como la abstención de cornubianas y la no evidencia de intrusión de la Cuarzodiorita de Sabanalarga en los Esquistos de Sabaletas y el Complejo Quebradagrande, sugieren que estas dos unidades fueron adosados a la margen posterior a su acreción. Villagómez *et al.*, (2011) presenta evidencias de intrusiones de c.a de 80 Ma del Plutón de Córdoba sobre rocas del Complejo Quebradagrande. Sin embargo, los Esquistos de Sabaletas con edades máximas de depositación de 76 Ma (Zapata-Villada, 2018) no se observan intruidos por cuerpos cretáceos c.a 80-72 Ma; evidencia que sugiere que esta secuencia metamórfica de bajo grado no se encontraba acrecionada a la margen continental en este periodo (Figura 10A).

Por otro lado, la subducción opuesta tipo Molucca (Hall y Wilson, 2000; Zhang *et al.*, 2017) involucra la colisión de dos arcos oceánicos, sin embargo, en el Noroccidente de Suramérica comprende la colisión de un arco oceánico y arco continental, basado en reconstrucciones cinemáticas de la Placa Caribe de régimen oblicuo transpresivo (Kennan and Pindel, 2009, Villagómez *et al.*, 2011; Jaramillo *et al.*, 2017). Esta doble subducción, sugiere la existencia de una zona de subducción desarrollada al occidente sobre el Plateau Caribe y otra al oriente sobre el basamento pre-Cretácico del terreno Tahamí, (Figura 10B; Vallejo *et al.*, 2006; Villagómez *et al.*, 2011; Wright and Wyld, 2011; Weber *et al.*, 2015, Jaramillo *et al.*, 2017) y permite explicar fragmentos de unidades alóctonas existentes entre ambos arcos.

Las rápidas tasas de exhumación entre 80-73 Ma del Norte de Suramérica (Villagómez y Spikings, 2013), los cambios en la sedimentación de las cuencas tras arco (Villamil, 1999; Bayona, 2018), y un cambio importante en la composición del

magmatismo del arco continental en la Cordillera Central c.a 73 Ma (Jaramillo *et al.*, 2017), sugieren una colisión de un arco oceánico y un arco continental (Jaramillo *et al.*, 2017, Pardo-Trujillo *et al.*, 2020). Además, el registro estratigráfico y proveniencia de parte del Miembro Urrao, que suprayase facies vulcanoclasticas de la Formación Barroso, es también coetáneo con la colisión de ambos arcos (Pardo-Trujillo *et al.*, 2020).

Finalmente, a pesar de los grandes avances en geología regional, trabajos estratigráficos y geocronología U-Pb en los últimos años, la poca cantidad de evidencias estructurales, la escasa información isotópica de intrusivos a ambos lados la Falla Sabanalarga o Falla Cauca Oeste (SFCR) y la pérdida de kilómetros de corteza producto del régimen transpresivo oblicuo del Cretáceo (Kennan and Pindell, 2009, Moreno- Sanchez *et al.*, 2016) hacen necesario trabajos más rigurosos en el área de estudio para poder establecer un único escenario tectónico posible.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Servicio Geológico Colombiano, el fondo CAPES (Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior), FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) y la Universidad del Estado de Rio de Janeiro. Un agradecimiento especial por el apoyo en campo a Francys Ortiz, Tomas Correa, Angela Viviana Rincón, Faustino Mosquera, Manuel Castro (Grupo de Cartografía 1:50.000 del Grupo de Estudios Geológicos Especiales, Medellín), y a la Universidad Nacional de Colombia, particularmente a los profesores Oswaldo Ordóñez y Jorge Julián Restrepo.

Referencias

- Álvarez, E. y González, H. 1978, Geología y geoquímica del Cuadrángulo I-7 Urrao, Mapa escala 1:100.000: Medellín, INGEOMINAS, 347 p.
- Álvarez, J., Rico, H., Vásquez, H., Hall, R., Blade,

- L, 1975, Geological map of the Yarumal Quadrangle (H-8) and part of the Ituango Quadrangle (H-7), Escala 1:100.000, Bogotá, Colombia. INGEOMINAS.
- Barrero, D., 1979, Geology of the Central Western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia: Publicaciones Geologicas Especiales del Ingeominas, 4, 1–75.
- Bayona, G., Cardona, A., Jaramillo, C., Mora, A., Montes, C., Valencia, V., Ayala, C., Montenegro, O., Ibañez, M., 2012. Early Paleogene magmatism in the northern Andes: insights on the effects of Oceanic Plateau–continent convergence: Earth and Planetary Science Letters, 331–332, 97–111. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.03.015>
- Bayona, G., 2018, El inicio de la emergencia en los Andes del norte: una perspectiva a partir del registro tectónico-sedimentológico del Coniaciano al Paleoceno: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 42 (165), 364–378. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.632>
- Blanco-Quintero, I., García-Casco, A., Toro, L., Moreno, M., Ruiz, E., Vinasco, C., Cardona, A., Lázaro, C., Morata, D., 2014, Late Jurassic terrane collision in the northwestern margin of Gondwana (Cajamarca Complex, eastern flank of the Central Cordillera, Colombia): International Geology Review, 56 (15), 1852–1872. <https://doi.org/10.1080/00206814.2014.963710>
- Botero, A., 1963, Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia: Anales Facultad de Minas, Medellín, Colombia, 101 p.
- Bustamante, C., Cardona, A., Archanjo, C.J., Bayona, G., Lara, M., Valencia, V., 2016, Geochemistry and Isotopic Signatures of Paleogene Plutonic and Detrital Rocks of the Northern Andes of Colombia: a Record of Post-collisional Arc Magmatism: Lithos, 277, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.11.025>
- Bustamante, A., Juliani, C., Hall, C.M., Essene, E.J. 2011. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from blueschists of the Jambaló región, Central Cordillera of Colombia: Implications on the styles of accretion in the Northern Andes: Geologica Acta, 9, 351–362. <https://doi.org/10.1344/105.000001697>
- Aiglsperger, T., Proenza, J.A., Zaccarini, F., Labrador, M., Navarro-Ciurana, D., 2011, Looking for needles in a haystack: how to find PGM in laterites by using hydrosorption techniques: Revista de La Sociedad Española de Mineralogía, 15, 23–24.
- Buchs, D., Kerr, A.C., Brims, J.C., Zapata-Villada, J.P., Correa-Restrepo, T., Rodríguez, G., 2018. Evidence for subaerial development of the Caribbean oceanic plateau in the Late Cretaceous and palaeo-environmental implications: Earth and Planetary Science Letters, 499, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.07.020>
- Cardona, J.D., 2010, Análisis petrográfico de rocas metamórficas al noroccidente de Santa Fe de Antioquia en el llamado Batolito de Sabanalarga al occidente de la falla Cauca Almaguer: Medellín, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Tesis de Grado, 72p.
- Castro, N., Feininger, T., 1965, Geología en la región entre Buriticá y Santa Fe de Antioquia, Con especial referencia a la geología económica de un cuerpo andesítico. INGEOMINAS, Medellín, Informe Interno, 37 p.
- Cediel, F., Shaw, R., Caceres, C., 2003, Tectonic Assembly of the Northern Andean block, in The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation and Plate Tectonics: AAPG Bulletin, 79, 815 – 848. <https://doi.org/10.1306/M79877C37>
- Chemale, F., Kawashita, K., Dussin, I. A., Nunes Avila, J., Justino, D., Bertotti, A., 2012, U-Pb zircon in situ dating with LA-MC-ICP-MS using mixed detector configuration: Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 84 (2), 275–295. <https://doi.org/10.1590/s0001-37652012005000032>
- Cochrane, R., 2013, U-Pb thermochronology, geochronology and geochemistry of NW South America: rift to drift transition, active

- margin dynamics and implications for the volume balance of continents: University of Geneva, Switzerland, Thèse de doctorat, 191 p. [10.13097/archive-ouverte/unige:30029](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:30029)
- Correa M., A.M., Pimentel, M., Restrepo, J.J., Nilson, A., Ordoñez, O., Martens, U., Laux, J.E., Junges, S., 2006, U-Pb zircon ages and Nd-Sr isotopes of Altavista Stock and the San Diego Gabbro: New insights of Cretaceous arc magmatism in the Colombian Andes, en V SSAGI: Punta del Este, Uruguay.
- Correa, T., Zapata-Villada., J. P., Rincón, A., Obando, M., Ortiz, F., Rodríguez, G., 2017, Edades U-Pb y Ar-Ar obtenidas durante la cartografía 1:50.000 del borde occidental de la Plancha 130, Santa Fe de Antioquia, en XVI Congreso Colombiano de Geología: Santa Marta, Colombia. Abstract, 1223-1228.
- Correa, T., Obando, M., Zapata- Villada, J., Rincón, A., Ortiz, F., Rodríguez, G., Cetina, L., 2018, Geología del borde Occidental de la plancha 130 Santa fe de Antioquia, Escala 1:50,000: Medellín, Servicio Geológico Colombiano, Memoria Explicativa, 552 p. <https://doi.org/10.32685/10.143.2018.754>
- Condie, K.C., Kröner, A., 2013, The building blocks of continental crust: evidence for a major change in the tectonic setting of continental growth at the end of the Archean: Gondwana Research, 23, 394-402. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2011.09.011>
- Coyner, S.J., Kamenov, G.D., Mueller, P.A., Rao, V., and Foster, D.A., 2004, FC-1: a zircon reference standard for the determination of Hf isotopic compositions via laser ablation ICP-MS, en American Geophysical Union, Fall Meeting: San Francisco, USA.
- Castro, A., 2014, The Off-Crust Origin of Granite Batholiths, Geoscience Frontiers, 5, 63 -75. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2013.06.006>
- Duque-Trujillo, J., Bustamante, C., Solari, L., Gómez-Mafla, A., Toro-Villegas, G., Hoyos, S., 2019, Reviewing the Antioquia batholith and satellite bodies: a record of Late Cretaceous to Eocene syn- to post-collisional arc magmatism in the central Cordillera of Colombia: Andean Geology 46 (1), 82-101. <https://doi.org/10.5027/andgeov46n1-3120>
- Flórez, J., Valencia, A., 2006, Cartografía geológica de 137 km² entre los municipios de Santa Fe de Antioquia y Olaya, Departamento de Antioquia: Colombia, Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado.
- Etayo, F., González, H., Álvarez, J., 1980, Medialbian ammonites from northern Western Cordillera, Colombia: Geología Norandina, 2, 25-30.
- Giraldo, W., 2017, Novas idades U-Pb (LA-ICP-MS) de rochas granitoides na região de Sabanalarga (Colômbia) e sua correlação com a evolução da Placa do Caribe: Rio de Janeiro, Brasil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Tesis de Grado M. Sc, 90 p.
- González, H., Londoño, A.C., 2002, Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia, Batólito de Sabanalarga, Cordillera Occidental departamento de Antioquia, INGEOMINAS: Medellín, Informe técnico, 12 p.
- González, H., Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., Linares E., 1976, Edad radiométrica K-Ar del Batólito de Sabanalarga : Publicación Especial de Geología, 8, 1-5.
- González H., Londoño, C. 1998, Edades K-Ar en algunos cuerpos plutónicos del Graben Cauca-Patía y norte de la Cordillera Occidental: Geología Colombiana, 23, 117-131. <https://doi.org/10.15446/gc>
- Gómez, J., Nivia, A., Montes, N.E., Jimenez, D.M., Tejada, M.L., Sepulveda, J., Osorio, J.A., Gaona, T., Diederix, H., Uribe, H., Mora, M., 2007, Geological map of Colombia, Escala 1:1'000.000: Bogotá, INGEOMINAS, 2 p.
- Guiral, J., Rincón, J., Ordoñez, O., 2015, Geología de la porción sur del Batólito de Sabanalarga, Implicaciones para la teoría de terrenos al occidente de Colombia: Boletín de Ciencias de la Tierra, 38, 41 – 48. <https://doi.org/10.15446/rbct.n38.46367>

- Geoestudios-Ingeominas, 2005, Complementación geológica, geoquímica y geofísica de la parte occidental de las planchas 130 Santa Fé de Antioquia y 146 Medellín Occidental. Escala 1:100,000: INGEOMINAS, Informe técnico, 276 p.
- Gómez, J., Montes N. E., Nivia, Á., Diederix, H., 2015, Mapa Geológico de Colombia 2015, Escala 1:500,000: Bogotá, Servicio Geológico Colombiano, 2 p.
- Hall, R.; Álvarez, J.; Rico, II., 1972, Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-zona IIA): Bol, Geol, Ingeominas, 20 (1), 85 p.
- Hall, R., Wilson, M.E.J., 2000, Neogene sutures in eastern Indonesia: Journal Asian Earth Sciences, 18 (6), 781–808. [https://doi.org/10.1016/s1367-9120\(00\)00040-7](https://doi.org/10.1016/s1367-9120(00)00040-7)
- Ibáñez Mejía, M., Tassinari, C.C.G., Jaramillo, J.M., 2007, U-pb Zircon Ages of the Antioquian Batholith: Geochronological Constraints of Late Cretaceous Magmatism in the Central Andes of Colombia, en XI Congreso Colombiano de Geología: Bucaramanga, 11 p.
- Irvine, T.N., Baragar, W.R. 1971, A guide to chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal of Earth Sciences 8, 523-548. <https://doi.org/10.1139/e71-055>
- Jaramillo, J.S., Cardona, A., León, S., Valencia, V., Vinasco, C., 2017. Geochemistry and geochronology from Cretaceous magmatic and sedimentary rocks at 6°35'0 N, western flank of the Central cordillera (Colombian Andes): Magmatic record of arc growth and collision: Journal of South American Earth Sciences, 76, 460-481. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.04.012>
- Jackson, S.E., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004, The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology: Chemical Geology, 211, 47– 69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>
- Jones, D. L., Cox, A., Coney, P., Beck, M., 1982, The growth of western North America: Scientific America, 247, 70-84.
- Kay, R.W., Kay, S.M., 2002, Andean adakites: three ways to make them: Acta Petrologica Sinica, 18(3), 303-311.
- Kennan, L., Pindell, J., 2009, Dextral shear, terrane accretion and basin formation in the Northern Andes: best explained by interaction with a Pacific-derived Caribbean Plate? In: James, K.H., Lorente, M.A., Pindell, J.L. (Eds.), The Origin and Evolution of the Caribbean Plate: Geological Society of London, Special Publications 328, 487–531 <https://doi.org/10.5724/gcs.07.27.0649>
- Leal-Mejía, H., 2011, Phanerozoic gold metallogeny in the Colombian Andes: A Tectono-Magmatic approach: Barcelona, España, Universidad de Barcelona, PhD thesis, 1000 p.
- Ludwig, K. R., 2000, Decay constant errors in U–Pb concordia–intercept ages: Chemical Geology, 166, 315–318. [https://doi.org/10.1016/s0009-2541\(99\)00219-3](https://doi.org/10.1016/s0009-2541(99)00219-3)
- Ludwig, K.R., 2012, User's Manual for Isoplot 3.75-4.15, A Geochronological Toolkit Microsoft Excel, Berkeley Geochronology Center, Special Publication, 75p.
- Maya, M., Gonzáles, H., 1995, Unidades Litodémicas de La Cordillera Central de Colombia: Boletín Geológico, 35 (2-3), 43-57. <https://doi.org/10.32685/10.143.1995.708>
- Moreno-Sánchez, M., Pardo-Trujillo, A., 2003, Stratigraphical and sedimentological constraints on western Colombia: implications on the evolution of the Caribbean Plate. The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: hydrocarbon habitats, basin formation and plate tectonics. C. Bartolini, R. T. Buffler and J.F Blickwede: American Association of Petroleum Geologist, Memoir 79, 891-924. <https://doi.org/10.1306/M79877C40>
- Mora-Bohórquez, J. A., Ibáñez-Mejía, M., Oncken, O., de Freitas, M., Vélez, V., Mesa, A., Serna, L., 2017, Structure and age of the Lower Magdalena Valley basin basement,

- northern Colombia: New reflection-seismic and U-Pb-Hf insights into the termination of the central andes against the Caribbean basin: *Journal of South American Earth Sciences*, 74, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2017.01.001>
- Moreno-Sánchez, M., Hincapié, J., Ossa, M., Augusto, C., Toro, L.M., 2016, Caracterización geológico-estructural de algunas zonas de cizalla en el Complejo Quebradagrande en los alrededores de Manizales y Villamaría: *Boletín de Geología*, 38 (4), 15-27. <https://doi.org/10.18273/revbol.v38n4-2016001>
- Middlemost, E., 1994, Naming materials in the magma/igneous rock system: *Earth-Science Reviews*, 37, 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9)
- Mejía, M., Álvarez, E., González, H., Grosse, E., 1983, Mapa Geológico de Plancha 146 Medellín Occidental, Escala 1:100,000: Bogotá, INGEOMINAS, Mapa.
- Nakamura, N., 1974, Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites: *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 38, 757-775. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Nivia, A., Gómez, J., 2005, El Gabro Santa Fe de Antioquia y la Cuarzodiorita Sabanalarga, una propuesta de nomenclatura litoestratigráfica para dos cuerpos plutónicos diferentes agrupados previamente como Batolito de Sabanalarga en el departamento de Antioquia, Colombia, en X Congreso Colombiano de Geología, Bogotá, Colombia, 11 p.
- Ordoñez, O., Pimentel, M., Laux, J.H., 2008, Edades U-Pb del Batolito Antioqueño: *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 1 (22), 129-130.
- Ordoñez-Carmona, O., 2001, Caracterización isotópica Rb-Sr e Sm-Nd dos principais eventos magmáticos nos andes colombianos: Brasília-DF, Brasil, Universidad de Brasília, Tese de doutorado, 177 p.
- Ordoñez-Carmona, O., Pimentel, M. M., 2002, Rb-Sr and Sm-Nd isotopic study of the Puquí complex, Colombian Andes: *Journal of South American Earth Sciences*, 15 (2), 173-182. [https://doi.org/10.1016/s0895-9811\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/s0895-9811(02)00017-2)
- Paton, C., Woodhead, J.D., Hellstrom, J.C., Hergt, J.M., Greig, A., Maas, R., 2010, Improved laser ablation U-Pb zircon geochronology through robust downhole fractionation correction: *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 11(3), 1-36. <https://doi.org/10.1029/2009gc002618>
- Pardo-Trujillo, A., Cardona, A., Giraldo, A.S., León, S., Vallejo, D.F., Trejos-Tamayo, R., Plata, A., Ceballos, J., Echeverry, S., Barbosa-Espitia, A., Slattery, J., Salazar-Ríos, A., Botello, G.E., Celis, S.A., Osorio-Granada, E., Giraldo-Villegas, C.A., 2020, Sedimentary record of the Cretaceous–Paleocene arc-continent collision in the northwestern Colombian Andes: Insights from stratigraphic and provenance constraints: *Sedimentary Geology*, 410, 105627. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2020.105627>
- Peña-Urueña, M.L., Muñoz-Rocha, J.A., Urueña, C.L., 2018, Laboratorio de Geocronología en el Servicio Geológico Colombiano: avances sobre datación U-Pb en circones mediante la técnica LA-ICP-MS: *Boletín Geológico*, 44, 39-56. <https://doi.org/10.32685/0120-1425/boletingeo.44.2018.7>
- Pecerillo, A., Taylor, S. R., 1976, Geochemistry of Eocene Calc-alkaline volcanic rocks from Kastamonir area, Northern Turkey: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-81. <https://doi.org/10.1007/bf00384745>
- Pearce, J.A., 2008, Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust: *Lithos*, 100, 14-48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>

- Pindell, J., Kennan, L., Maresch, W. V., Stanek, K., Draper, G., Higgs, R., 2005, Plate kinematics and crustal dynamics of circum Caribbean arc continent interactions: Tectonic controls on basin development in proto-Caribbean margins: Special Paper Geological Society of America, 394, 7–52. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2394-9.7>
- Profeta, L., Ducea, M.N., Chapman, J.B., Paterson, S.R., Henríquez-Gonzales, S.M., Kirsch, M., Petrescu, L., DeCelles, P.G., 2015, Quantifying crustal thickness over time in magmatic arcs: Scientific Reports, 5: 17786, 1-7. <https://doi.org/10.1038/srep17786>
- Rubatto, D., 2002, Zircon trace element geochemistry: distribution coefficients and the link between U–Pb ages and metamorphism: Chemical Geology, 184, 123–138. [https://doi.org/10.1016/s0009-2541\(01\)00355-2](https://doi.org/10.1016/s0009-2541(01)00355-2)
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., 1975, Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia: Publicación Especial Geológica, 6, 24p.
- Restrepo, J.J., Ordoñez-Carmona, O., Martes, U., Correa, A. M., 2009, Terrenos , complejos y provincias en la Cordillera Central de Colombia, en XII Congreso Colombiano de Geología: Paipa, Boyacá, 1-16.
- Rodríguez, G., Arango, M.A., Bermúdez, J.G., 2012a, Batolito de Sabanalarga, plutonismo de arco en la zona de sutura entre las cortezas oceánica y continental de los Andes del Norte: Boletín Ciencias Tierra, 32, 81-98.
- Rodríguez, G., González, I., Restrepo, J.J., Martens, U., Cardona, F., David, J., 2012b, Occurrence of granulites in the northern part of the Western Cordillera of Colombia: Boletín de Geología, 34, 37–53.
- Rodríguez, G., González, H., Zapata, G., Cossio, U., Correa, A., 2016, Geología de la plancha 147 Medellín Oriental, escala 1:5000: Servicio Geológico Colombiano, Memoria explicativa, 464p. <https://doi.org/10.32685/10.143.2016.501>
- Rodríguez, G., Zapata, G. 1995, Exploración de metales base (Cu - Pb - Zn) y oro en una faja al oeste del Municipio de Ituango: Medellín, INGEOMINAS, Informe 2186, 49 p.
- Rodríguez, G., Arango, M.A., 2013, Barroso Formation: a Tholeiitic volcanic arc and San Jose de Urama diabases: a T-MORB Type accretionary prism in the northern segment of Western Cordillera of Colombia: Boletín Ciencias la Tierra 33, 17-38.
- Simon, E.J., Pearson, N.J., Griffin, W.L., Belousova, E.A., 2004, The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U–Pb zircon geochronology: Chemical Geology, 211(1–2), 47-69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>
- Sláma, J., Košler, J., Condon, D.J., Crowley, J.L., Gerdes, A., Hanchar, J.M., Horstwood, M.S.A., Morris, G.A., Nasdala, L., Norberg, N., Schaltegger, U., Schoene, B., Tubrett, M.N., Whitehouse, M.J., 2008, Plešovice zircon - A new natural reference material for U–Pb and Hf isotopic microanalysis: Chemical Geology, 249 (1-2), 1-35. doi: 10.1016/j.chemgeo.2007.11.005. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.11.005>
- Spikings, R., Cochrane, R., Villagómez, D., Van der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., Beate, B., 2015, The geological history of northwestern south America: from pangaea to the early collision of the caribbean large igneous province (290-75 Ma): Gondwana Research, 27, 95-139. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2014.06.004>
- Stacey, J.S., Kramers, J.D., 1975, Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model: Earth and Planetary Science Letters, 26(2), 207-221. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(75\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(75)90088-6)
- Sun, S., McDonough, W., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Magmatism in ocean basin: Geological Society Special Publication, 42,

- 313-345. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1989.042.01.19>
- Suter, F., Sartori, M., Neuwerth, R., Gorin, G., 2008, Structural imprints at the front of the Chocó-Panamá indenter: Fiel data from the North Cauca alley Basin, Central Colombia: Tectonophysics, 460, 134-157. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.07.015>
- Toro-Toro, L.M., Vallejo, D., Salazar-Ríos, André., Murcia, H., Osorio-Ocampo, S., García-Arias, M., Arredondo, C., 2020, Granulite rocks at the Western Cordillera of Colombia: Evidence of metamorphism in the Colombian Caribbean oceanic plateau: Journal of South American Earth Sciences, 101, 102632. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102632>
- Toussaint, J., Restrepo, J., 1978, Edad Cretácea de una anfíbolita granatífera de Pijao-Quindío: Boletín Ciencia de la Tierra, 17, 1.
- Vallejo, C., Spikings, R.A., Luzieux, L., Winkler, W., Chew, D., Page, L., 2006, The early interaction between the Caribbean Plateau and the NW South American Plate: Terra Nova, 18(4), 264-269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2006.00688.x>
- Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W., Beltran, A., 2011, Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central cordilleras of Colombia: Lithos, 125, 875 - 896. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.05.003>
- Villagómez, D., Spikings, R., 2013, Thermochronology and tectonics of the central and western cordilleras of Colombia: early cretaceous- tertiary evolution of the northern Andes: Lithos, 168, 228-249. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.12.008>
- Villamil, T., 1999, Campanian-Miocene tectonostratigraphy, depocenter evolution and basin development of Colombia and western Venezuela: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 153, 239-275. [https://doi.org/10.1016/s0031-0182\(99\)00075-9](https://doi.org/10.1016/s0031-0182(99)00075-9)
- White, R.V., Tarney, J., Kerr, A.C., Saunders, A.D., Kempton, P.D., Pringle, M.S., Klaver, G.T., 1999, Modification of an oceanic plateau, Aruba, Dutch Caribbean: Implications for the generation of continental crust: Lithos, 46, 43-68. [https://doi.org/10.1016/s0024-4937\(98\)00061-9](https://doi.org/10.1016/s0024-4937(98)00061-9)
- Weber, M., Gomez-Tapias, J., Duarte, E., Cardona, A., Vinasco-Vallejo, C.J., 2011, Geochemistry of the Santa Fe Batholith, in NW Colombia: Remnant of an accreted Cretaceous arc, en Memorias XIV Congreso Latinoamericano de Geología: Medellín, Colombia, 128-129.
- Weber, M., Gómez-Tapias, J., Cardona, A., Duarte, E., Pardo-Trujillo, A., Valencia, V.A., 2015, Geochemistry of the Santa Fe batholith and buriticá tonalite in NW Colombia - evidence of subduction initiation beneath the colombian caribbean plateau: Journal of South America Earth Science, 62, 257-274. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2015.04.002>
- Wright, J.E., Wyld, S. J., 2011, Department of Geology, University of Georgia Late Cretaceous subduction initiation on the eastern margin of the Caribbean-Colombian Oceanic Plateau: One Great Arc of the Caribbean: Geosphere, 7 (2), 468-493. <https://doi.org/10.1130/ges00577.1>
- Wetherill, G. W., 1956, Discordant uranium-lead ages: Transactions of the American Geophysical Union, 37, 320-326. <https://doi.org/10.1029/tr037i003p00320>
- Wiedenbeck, M., Allé, P., Corfu, F., Griffin, W., Meier, M., Oberli, F., von Quadt, A., Roddick, J.C. and Spiegel W., 1995, Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses: Geostandards Newsletter, 19, 1-23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908x.1995.tb00147.x>
- Wiedenbeck, M., Hanchar, J.M., Peck, W.H., Sylvester, P., Valley, J., Whitehouse, M., Kronz, A., Morishita, Y., Nasdala, L., Fiebig,

- J., Franchi, I., Girard, J.P., Greenwood, R.C., Hinton, R., Kita, N., Mason, P.R.D., Norman, M., Ogasawara, M., Piccoli, P.M., Rhede, D., Satoh, H., Schulz-Dobrick, B., Skår, Ø., Spicuzza, M.J., Terada, K., Tindle, A., Togashi, S., Vennemann, T., Xie, Q., Zheng, Y.F., 2004, Further characterisation of the 91500 zircon crystal: Geostandards and Geoanalytical Research, 28(1), 9-39. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.2004.tb01041.x>.
- Zapata, S., 2015, Mesozoic evolution of Colombia Central Cordillera: From extensional tectonics to volcanic arc settings: Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Thesis MSc, 1-48 p.
- Zapata, S., Cardona, A., Jaramillo, J. S., Patiño, A., Valencia, V., León, S., Mejía, D., Pardo-Trujillo, A., Castañeda, J.P., 2018, Cretaceous extensional and compressional tectonics in the Northwestern Andes, prior to the collision with the Caribbean oceanic plateau: *Geodynamics Research*, 66, 207-226. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2018.10.008>
- Zapata, J., Correa, T., Obando, M., Rincón, A., Ortiz, F., Rodríguez, G., 2017, Redefinición cronoestratigráfica del Batolito de Sabanalarga, en Congreso Colombiano de Geología 16 y Simposio de Exploradores, 3, Santa Marta, Colombia, 1472-1477.
- Zapata-Villada, J.P., Restrepo, J.J., Cardona A., Martens, U., 2017, Geoquímica y geocronología de las rocas volcánicas básicas y el gabro de Altamira, Cordillera Occidental (Colombia): registro de ambientes de Plateau y arco oceánico superpuestos durante el Cretácico. *Boletín de Geología*, 39 (2), 13-30. <https://doi.org/10.18273/revbol.v39n2-2017001>
- Zapata-Villada, 2018, Registro magmático y metamórfico en una zona de colisión Cretácica en la margen occidental de la Cordillera Central: Implicaciones tectónicas en los Andes del Norte: Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Maestría, 52p.
- Zhang, Q., Guo, F., Zhao, L., Wu, Y., 2017, Geodynamics of divergent double subduction: 3-D numerical modeling of a Cenozoic example in the Molucca Sea region, Indonesia: 3-D numerical modeling of DDS: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122 (5), 3977-3998. <https://doi.org/10.1002/2017JB013991>

Anexo 1. Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	Isotope ratios										Ages (Ma)		
	<i>f</i> 206	Pb ppm	Th ppm	U ppm	Th/Ub	207Pb/235U	1 s	206Pb/238U	1 s	Rho	207Pb/206Pb	1 s	% Conf
WSS/001 A	0.09126334	1.01056083	30.9664586	79.7037529	0.38851946	0.06168948	61.1332129	0.01220887	17.0267126	0.2785182	0.0364666	58.7142298	37.1581983
WSS/002 A	0.07214219	1.38576114	72.1525327	103.797705	0.69512647	0.06605047	38.4702677	0.0120569	17.0876142	0.44417716	0.03925006	34.4670123	64.9486076
WSS/003 A	0.12954685	0.89435001	37.5078012	69.1220307	0.54263164	0.05535036	58.2362809	0.01219046	18.1827509	0.31222376	0.03293057	55.3249671	78.1096012
WSS/004 A	0.09330179	0.98474918	43.8224572	76.8781239	0.57002506	0.05228418	66.1498265	0.0119215	17.914103	0.27081103	0.03180812	63.6779747	76.3964695
WSS/005 A	0.04191435	2.16929024	111.504547	164.210598	0.67903418	0.06112498	31.1251253	0.01198405	17.3165043	0.55635131	0.03699251	25.8633351	13.6857422
WSS/006 A	0.05489862	1.68214464	95.4400279	130.306177	0.73242904	0.05367348	50.3446248	0.01197209	17.4835196	0.34727679	0.03251536	47.21131	76.7949106
WSS/007 A	0.13384915	1.11328663	52.5036387	93.0808194	0.56406507	0.04931578	54.1914121	0.01173583	17.7954468	0.32838131	0.0304769	51.1862405	13.41313
WSS/008 A	0.17165224	0.62197971	23.5070932	54.5940229	0.43057998	0.071553097	59.8003157	0.01238855	16.9665775	0.33398567	0.04187669	79.3710852	13.3845862
WSS/009 A	0.08823283	0.78838137	31.5960067	74.8327689	0.42222154	0.04601472	39.5081681	0.01234222	17.0968306	0.43274167	0.02703972	35.6173255	79.0760801
WSS/001 B	0.11285071	1.27162544	41.6187087	79.7739796	0.52170782	0.17754687	28.7900698	0.01254686	15.92799	0.55324597	0.10263059	29.9826449	80.3790313
WSS/002 B	0.17427611	0.79105647	47.4019259	56.0234212	0.43876421	0.11662998	46.8647616	0.01243085	17.1964447	0.36693787	0.06804634	43.5957336	79.6404197
WSS/003 B	0.18512959	0.58721183	37.4515275	40.924325	0.42521326	0.10351593	48.8693422	0.01225108	17.8379877	0.36501387	0.06128178	45.4974593	78.4957124
WSS/004 B	0.11065744	1.05845418	50.2560186	77.3121135	0.65004068	0.08763967	42.1258303	0.01244431	16.3608896	0.38838141	0.05233915	78.8188984	77.8156824
WSS/005 B	0.04850743	1.31261083	64.3063708	93.7256945	0.6861126	0.07798629	41.1108064	0.01191044	16.8779348	0.4105474	0.04744858	37.4864471	76.3259842
WSS/006 B	0.19796528	0.6977079	15.331778	41.152106	0.37256136	0.21183429	23.9069867	0.01293705	18.1558312	0.75943672	0.11875713	15.5534501	82.8627399
WSS/007 B	0.13603825	0.81882761	30.1015497	60.6342906	0.49644433	0.10443652	54.487271	0.01188613	17.2635163	0.31683577	0.06372511	13.1498148	100.863347
WSS/008 B	0.18058643	0.48015997	18.0328488	36.764822	0.49049194	0.10710433	79.4743504	0.01180099	18.6044432	0.23409368	0.06275156	77.2660796	75.628677
WSS/009 B	0.05451788	2.45578003	141.924984	178.73163	0.79406753	0.07442022	27.4512211	0.01189016	16.3503451	0.59561449	0.04539438	22.050734	76.1967716

Spot number	Isotope ratios										Ages (Ma)		
	<i>f</i> 206	Pb ppm	Th ppm	U ppm	Th/Ub	207Pb/235U	1 s	206Pb/238U	1 s	Rho	207Pb/206Pb	1 s	% Conf
67TV-001 A	0.1202568	1.0691444	49.8307081	84.8442172	0.58732003	0.08926985	26.7162783	0.01214955	11.1861542	0.41870182	0.0532897	24.2616875	77.8490704
67TV-002 A	0.10999657	1.07534474	33.4577981	75.2012065	0.44491039	0.1032251	29.1201994	0.01239233	11.1055116	0.38136798	0.06041308	26.9193913	79.3951753
67TV-003 A	0.17846094	0.87427002	22.430185	61.514431	0.36463289	0.10614198	34.5055201	0.01246901	11.2453117	0.32589894	0.06173818	32.6216779	79.8834183
67TV-004 A	0.08156243	1.48015256	78.0120938	113.164216	0.68937069	0.06413685	20.6799635	0.01278315	11.3641901	0.5495266	0.03638887	17.2776177	81.8832135
67TV-005 A	0.36031405	0.79177721	36.6886047	73.4711232	0.49936088	0.04296634	32.9332243	0.01208162	11.1540905	0.33686808	0.025793	30.9868283	77.4163985
67TV-001 B	0.08877405	0.66501055	20.5972368	51.6769577	0.39857681	0.06620979	21.6556882	0.01211496	12.1870275	0.56280023	0.03963682	17.900588	77.6287813
67TV-002 B	0.15812889	0.40360079	14.737888	31.8692738	0.46244819	0.04616122	37.7569845	0.01221719	12.7965462	0.3391865	0.02740343	35.5232631	78.2798252
67TV-003 B	0.09182855	0.42390511	13.1635497	35.2052136	0.37188069	0.05087202	48.2347793	0.0114952	12.174051	0.35339885	0.03036817	46.673083	77.8488848
67TV-004 B	0.04957171	1.13945046	35.6709339	78.867783	0.6805181	0.08658273	16.9992269	0.01314701	11.4290871	0.67332815	0.05328084	12.5837639	84.1988147
67TV-005 A	0.15505096	0.65014732	24.75276354	51.1962445	0.4937189	0.06299411	23.060938	0.01246027	12.0724461	0.52338494	0.03666663	19.654545	79.8277762
67TV-001 C	0.06752717	0.7461689	35.959529	63.4879567	0.56534206	0.02827412	53.9840851	0.01207204	11.2265742	0.20796081	0.01986663	52.8038396	77.3553704
67TV-002 C	0.05796499	0.4455896	17.5828731	46.6853348	0.37662519	-0.0416542	98.4703507	0.0129542	12.2588816	-0.0267458	-0.0705883	72.4067676	8.6645454
67TV-003 C	0.06493469	0.72018519	37.0963517	64.974956	0.57093308	-0.0134548	231.063307	0.01136713	11.8969454	0.05148768	-0.0085888	-230.75683	72.8294334
67TV-004 A	0.04841553	1.01630931	55.6152344	80.4280543	0.69149074	0.0479508	24.8474101	0.01186887	11.0954272	0.4465426	0.0293012	22.2325277	76.0611388
67TV-005 A	0.3023383	0.51913977	26.1118654	52.2763058	0.49949714	0.03468876	31.6835622	0.01239756	10.8760575	0.3432713	0.02929323	29.7583516	79.4284718

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	Pb	Th	U	Th/U	235U	207Pb/235U	Isotope ratios			Ages (Ma)			1 s	1 s	% Conf				
							1 s	206Pb/238U	206Pb/238U	1 s	206Pb/238U	1 s				207Pb/235U	207Pb/235U		
65MT/01 A	0.0980807	81.7021362	162.52127	0.50271658	0.07054733	27.9123792	0.01389857	0.02583964	0.36755219	0.03681368	25.9589332	88.9790101	9.121781961	19.3205872	-570.159	-148.00719	-15.605999		
65MT/02 A	0.19743526	1.07918888	31.6329594	95.6689382	0.33065026	0.07227891	19.731013	0.01182301	0.152963762	0.77525061	0.04433861	0.77525061	75.7690111	11.589913	70.8597263	13.9813418	-91.852623	-11.447864	-82.489763
65MT/03 A	0.12835356	1.57037298	45.0626995	121.483845	0.37093574	0.07954872	28.7862026	0.01451104	0.80255488	0.34052963	0.03975881	0.70657603	92.8719547	9.10382433	77.7205689	22.3728004	-366.60087	-99.223313	-25.333261
65MT/04 A	0.11050475	1.25141951	40.334791	102.353196	0.39407151	0.06630391	24.8132675	0.01261531	0.5740541	0.62362017	0.03811888	19.3972135	80.8148024	12.5053263	65.1859486	16.1747638	-476.94954	-92.514921	-16.944099
65MT/05 A	0.06237549	2.25087473	75.505137	167.417231	0.45099998	0.0837703	13.9549654	0.01380454	0.76564055	0.69979683	0.04011556	9.96861692	88.3811686	8.63098724	61.683487	11.3989023	-110.04747	-10.97021	-80.31186
65MT/06 A	0.08994759	1.47615181	51.2680843	122.77617	0.42273328	0.081378	28.4703299	0.01428113	0.4942091	0.3686016	0.04132788	26.465662	91.4108976	9.59285071	79.4396617	22.6167338	-267.33494	-70.751961	-34.193398
65MT/07 A	0.12072555	1.4091381	29.6994563	109.671476	0.27080384	0.08524419	22.1164879	0.0138098	0.75580266	0.44110994	0.04476887	19.84851	88.4145785	8.6255518	83.0634294	18.3707133	-68.215118	-13.539685	-129.61141
65MT/08 A	0.03134697	3.78095645	110.026784	293.931775	0.37432763	0.07223302	13.1482851	0.0123439	0.6728266	0.81172767	0.0464417	7.67907344	79.0262003	8.43432948	77.1386994	10.1424161	19.045126	1.46248921	414.941861
65MT/09 A	0.11530997	1.74763103	36.1426942	139.738996	0.2586443	0.07893333	27.2740552	0.01258833	0.11584686	0.40912393	0.03585476	24.8869978	80.6430462	8.99852902	61.3013825	16.7193729	-64.00103	-159.77478	-12.561202
65MT/01 B	0.14706059	1.22592365	26.3008378	93.6553616	0.28082576	0.08981614	29.509372	0.01371352	0.129526963	0.438395	0.04750117	26.514726	87.802341	11.3727706	87.3020882	25.7711508	74.4967297	19.7526038	117.860665
65MT/02 B	0.14957583	1.77799851	67.1461724	135.774334	0.49454246	0.09362041	33.9316226	0.0140531	0.1121074	0.33043141	0.0483167	32.0256836	89.9614309	10.0865422	30.8337849	114.804656	36.7669757	78.3604379	
65MT/03 B	0.07731509	1.16195422	32.4562143	104.685225	0.31003625	0.05284222	36.2655874	0.00854296	0.48486297	0.50870897	0.0486123	12.224422	54.8375768	10.1167815	52.285071	18.9616463	-63.184707	-19.727808	-86.78932
65MT/04 B	0.13601601	1.52630354	37.4562677	122.116683	0.30672519	0.08231507	18.427955	0.0141119	0.1126873	0.60381069	0.04741363	14.689271	92.335265	10.05149	89.6018742	16.5116103	70.1110891	10.2988084	128.845898
65MT/05 B	0.11663551	1.3442071	106.531761	233.722396	0.45580165	0.09213946	16.8159795	0.012843	0.11556694	0.6872484	0.04659164	12.215563	80.3255972	12.215563	80.3255972	12.215563	34.6267766	289.565462	
65MT/06 B	0.21551242	1.0840612	73.746224	89.1262878	0.26340626	0.083561971	30.6360287	0.0135824	0.14791458	0.47762182	0.04505932	26.9985294	87.0119694	12.5983899	83.4147187	25.5549572	-18.401367	-9.9800984	-472.85602
65MT/07 B	0.1169742	1.29334997	47.6973352	116.204438	0.40146053	0.0817346	26.3808503	0.01240438	0.143954601	0.54567819	0.04778919	22.1070223	79.4716679	11.440341	79.4744457	21.0451771	88.8458079	19.6415136	89.49204
65MT/08 B	0.07861315	2.9441739	104.597992	226.730716	0.46133337	0.09187303	17.6299152	0.0141155	0.11782527	0.6624117	0.04720527	13.207283	90.3581267	10.5522504	89.2466892	15.7341156	59.62405	7.87473747	151.546049
65MT/09 B	0.08013996	2.13410361	82.0630251	165.218661	0.49669344	0.08212144	25.0546681	0.01327076	0.12702654	0.50699795	0.04488067	21.5958024	84.9861617	10.7955078	80.1374949	20.0781833	-62.127721	-13.41698	-136.79266

Spot number	Pb	Th	U	Th/U	235U	Isotoperatios				Ages (Ma)									
						1s	206Pb/238U	1s	Rho	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	207Pb/206Pb					
003-Sample1	0.2308647	0.78655861	32.8619716	67.4179326	0.48743666	0.06652317	27.2662296	0.01191492	15.6419502	0.57367485	0.04049306	22.3333086	76.3545224	11.9433363	65.3947123	17.8306724	-319.42371	-71.337882	-23.903837
004-Sample2	0.04915684	1.41463011	46.7307053	118.9278652	0.39293059	0.07146716	22.462724	0.01170506	0.156698255	0.69760743	0.0428243	16.0937502	75.0174987	11.7551111	70.090765	15.7439559	-94.963886	-15.283251	-78.995818
005-Sample3	0.06665804	1.23749406	56.8331724	99.942924	0.35910132	0.06957156	21.9813998	0.01186948	0.154763747	0.70406684	0.04251075	15.609733	76.065045	11.7721113	68.2927919	15.011716	-196.18309	-30.623656	-38.772479
006-Sample4	0.21104288	0.848813	12.8625339	74.9422157	0.29172132	0.07498359	23.7443452	0.0119882	0.154281257	0.78348517	0.04536996	18.0603167	76.8213464	11.8419274	73.476717	17.4325454	-36.067373	-6.5138817	-212.99402
007-Sample5	0.05440807	1.54702933	69.7409838	123.173871	0.5661995	0.0726671	19.685281	0.01193521	0.15231257	0.78348517	0.0441577	12.23264	76.4837931	11.7961916	71.2727543	14.0212852	-101.89281	-110.1755	-75.062994
008-Sample6	0.2958916	0.69947767	31.318911	60.0641535	0.52142433	0.07625165	20.6473204	0.0125662	0.157711833	0.7170647	0.04245135	15.330024	75.2318451	12.2903633	74.6147267	15.4059417	-110.1755	-15.31506	-73.067199
009-Sample7	0.06414161	1.34747183	55.2276365	110.76994	0.49857964	0.06870889	21.9940869	0.0117387	0.157711833	0.7170647	0.04245135	15.330024	75.2318451	12.2903633	74.6147267	15.4059417	-110.1755	-15.31506	-73.067199
010-Sample8	0.06610246	1.50947501	58.4761968	118.353052	0.49408271	0.07872867	21.4536512	0.01205366	0.153011655	0.71321965	0.04737102	15.0377353	77.238307	11.8183612	76.9489636	16.5083623	67.9716165	10.2213918	113.633177
011-Sample9	0.13433506	0.83621512	27.7142526	62.0670671	0.44652106	0.06776048	31.483293	0.01190956	0.157605763	0.5060126	0.04126477	27.2543937	76.3203955	12.0285341	66.5720151	20.9590626	-271.21707	-73.918568	-28.139967
66HD/01 B	0.10883737	0.83794109	23.5409179	63.041989	0.37011578	0.08653468	22.1001871	0.01235326	0.110942606	0.5019849	0.0496332	19.1373556	80.3051894	8.90926702	84.101908	18.586791	193.287291	36.9444603	41.5470614
66HD/02 B	0.11276098	1.1622267	40.7007703	90.5923135	0.44927399	0.07404502	23.2577869	0.01196893	0.11474352	0.49346137	0.04486827	20.2245233	76.698578	8.80066485	72.5307568	16.8654223	-62.801961	-12.701397	-122.12768
66HD/03 B	0.07355981	1.75793289	83.2522606	128.297512	0.64890004	0.07857653	15.8553625	0.01208918	0.11477194	0.70308827	0.04714056	11.2747892	77.4645517	8.63553088	76.8057519	12.1778304	56.3537254	6.35376376	137.461279
66HD/04 B	0.15853187	0.50778942	13.6189799	41.6056878	0.32733457	0.07034446	24.4365702	0.01178707	0.118765105	0.48601381	0.04328354	21.3563682	75.5400069	8.97151685	69.062698	16.8676529	-151.27656	-32.30718	-49.935036
66HD/05 B	0.19066841	0.65300829	24.0680412	49.2640504	0.48855181	0.07501376	22.177058	0.01260013	0.113011156	0.5096859	0.0431782	19.0765214	80.1782012	73.4461738	16.2850041	-157.32704	-30.012526	-51.305995	
66HD/06 B	0.07949759	1.05500539	31.1880367	78.4423648	0.39759175	0.04228805	23.5559664	0.01192551	0.116914124	0.49631343	0.04517942	20.449957	76.4219983	8.93460464	72.7604809	17.1394344	-45.969986	-9.4008424	-166.24325
66HD/07 B	0.16177326	0.58582074	21.1135135	44.2818424	0.47679844	0.06766341	34.647609	0.01216925	0.11600151	0.3348038	0.04032635	32.6480215	77.9451536	9.04516132	66.4797006	23.0336267	-330.02026	-107.74508	-23.62719
66HD/08 B	0.04680622	2.90184315	118.365081	209.020722	0.70982475	0.07764386	14.0520121	0.01180611	0.12483096	0.80047679	0.04769789	8.42226669	75.661289	8.51061602	75.9737491	10.6693203	84.3109292	7.10089131	89.7407841
66HD/09 B	0.17444438	0.35661123	20.8845984	41.84233204	0.49911262	0.05974909	45.7667872	0.01192291	0.123760646	0.27041585	0.03643452	12.6704585	76.4054687	9.4559825	58.9428857	26.968027	-266.52009	-604.87953	-12.631508

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	Pb	Th	U	Th/Ub	207Pb/ 235U	1 s	Isotope ratios			Ages (Ma)			1 s	abs	207Pb/ 206Pb	1 s	abs	%	Concl
							206Pb/ 238U	1 s	Rho	207Pb/ 206Pb	1 s	207Pb/ 235U							
JPZ_121_2	473	894	0.52908277	0.0847	0.0045	0.01069	0.00014	0.06414	0.0563	0.0033	67.778006	2.99459125	82.6	4.2	440	100	21.8684421		
JPZ_121_17	158.9	390	0.40743559	0.0894	0.005	0.01106	0.00017	0.029618	0.058	0.0033	69.9639612	3.18025532	86.8	4.7	490	110	24.0638731		
JPZ_121_34	293	458	0.63973799	0.1282	0.006	0.01129	0.00022	0.37893	0.0839	0.0037	69.0577589	3.27919283	122.3	5.3	1284	84	77.0981306		
JPZ_121_5	690	1048	0.65839695	0.0828	0.0036	0.01145	0.00013	0.16889	0.0517	0.0022	73.0028525	3.19499675	80.8	3.3	263	85	10.8060606		
JPZ_121_21	96.1	172.2	0.55807201	0.0879	0.0083	0.01117	0.00024	-0.045974	0.0561	0.0054	74.1761501	3.52373167	86.7	7.9	390	170	16.8893909		
JPZ_121_16	304	696	0.43678161	0.0858	0.0032	0.01179	0.00015	0.082531	0.0538	0.0022	74.962851	3.31403262	83.7	3	326	80	11.6553051		
JPZ_121_3	53.2	109.8	0.4845173	0.075	0.012	0.01179	0.00033	0.11836	0.0448	0.0076	75.8170524	3.91736365	70	11	-100	250	-7.6724856		
JPZ_121_6	74.3	138.7	0.53568854	0.077	0.011	0.01186	0.0003	0.019999	0.0461	0.0069	76.1412904	3.77726048	74	11	40	230	-8.122591		
JPZ_121_4	59.5	133.7	0.44502618	0.096	0.012	0.01194	0.00033	0.15294	0.0579	0.0075	75.5187939	3.86122277	90	11	310	230	19.175632		
JPZ_121_15	285	406	0.70197044	0.0823	0.0044	0.01195	0.00015	0.23527	0.0498	0.0026	76.3609016	3.39506833	80.6	4.1	212	98	5.55139905		
JPZ_121_23	57.9	115.6	0.50086505	0.127	0.017	0.01215	0.00036	0.1396	0.0765	0.0097	75.0222686	4.021484	116	15	780	250	54.6193149		
JPZ_121_11	127	311	0.40836013	0.0847	0.0066	0.01217	0.00024	0.084476	0.0502	0.0038	77.7218506	3.65705144	81.7	6.1	190	130	5.11844404		
JPZ_121_12	388	606	0.64026403	0.081	0.0035	0.01219	0.00017	0.11305	0.0479	0.0022	78.074655	3.46254043	79.2	3.3	121	85	1.4413704		
JPZ_121_28	56.3	143.4	0.39260809	0.0922	0.0095	0.01222	0.00025	-0.049259	0.0541	0.0059	77.656402	3.72951521	90.1	8.9	350	180	16.0239178		
JPZ_121_10	45.8	115.5	0.3965368	0.08	0.011	0.01228	0.00031	-0.07369	0.0463	0.0063	78.806796	3.95770521	79	10	20	210	0.24516158		
JPZ_121_31	242	309	0.78317152	0.0786	0.0062	0.01229	0.00021	0.17983	0.0472	0.0037	78.7817174	3.60503307	76.1	5.8	30	130	-3.4039844		
JPZ_121_30	33.3	93.1	0.35767991	0.096	0.013	0.01232	0.00037	-0.0099079	0.0588	0.0084	77.8234408	4.12833841	92	13	390	250	18.2163099		
JPZ_121_9	131	317	0.41324921	0.0978	0.0075	0.0124	0.00027	0.2875	0.0574	0.0044	78.4664286	3.75992544	94.5	7.1	540	140	20.4336703		
JPZ_121_39	121.2	222.6	0.54447439	0.0966	0.0077	0.0124	0.0002	-0.041491	0.0593	0.005	78.276895	3.57285371	92.5	7.1	450	150	18.1702467		
JPZ_121_1	93.1	179	0.52011173	0.085	0.01	0.01243	0.00032	0.01081	0.0503	0.006	79.3654508	3.99880194	82.5	9.4	160	190	3.94951355		
JPZ_121_13	30.2	102.1	0.29578844	0.13	0.015	0.01243	0.00029	0.079588	0.0775	0.0092	76.6453668	3.81832859	120	13	850	220	56.5652368		
JPZ_121_22	155	247	0.62753036	0.084	0.0085	0.0125	0.00024	0.15055	0.0627	0.0049	78.5637182	3.68357329	103.9	7.8	660	150	32.2493416		
JPZ_121_7	533	980	0.54387755	0.083	0.0048	0.0125	0.00021	0.17029	0.0477	0.0027	80.0719574	3.65709492	80.6	4.4	120	110	0.65946014		
JPZ_121_25	540	1140	0.47368421	0.0843	0.0038	0.01251	0.00014	-0.082618	0.0497	0.0024	79.9345047	3.52046329	81.9	3.5	188	87	2.45888215		
JPZ_121_18	99.4	212	0.46886792	0.0948	0.0072	0.01252	0.00023	0.092641	0.0549	0.0042	79.4744738	3.70509658	91.5	6.7	360	140	15.1313064		
JPZ_121_46	40.5	90.2	0.44900222	0.084	0.01	0.01252	0.0003	0.039992	0.0507	0.0064	79.8974334	3.94190957	79.7	9.8	210	210	-0.2471085		
JPZ_121_26	637	1264	0.50395557	0.0861	0.0033	0.01252	0.00015	0.13502	0.0514	0.0019	79.826942	3.51092439	84.2	3.1	234	75	5.47817297		
JPZ_121_32	111.3	207	0.53768116	0.0767	0.0071	0.01255	0.00021	0.077411	0.0442	0.0039	80.7441736	3.68249047	75.8	6.4	60	140	-6.1232575		
JPZ_121_27	141	283	0.49823322	0.0817	0.0078	0.0126	0.00028	-0.018097	0.0466	0.0047	80.8212997	3.872706	79.4	7.2	120	160	-1.7585707		
JPZ_121_37	214	408	0.5245098	0.0934	0.0062	0.01263	0.00019	-0.019923	0.0543	0.0036	80.2307979	3.63989556	90	5.8	340	130	12.1763741		
JPZ_121_20	90.9	193	0.47098446	0.0758	0.0075	0.01275	0.00025	-0.008765	0.0441	0.0044	82.0356377	3.87936719	73.6	7	-40	160	-10.282894		
JPZ_121_14	176.4	340	0.51882353	0.0948	0.0061	0.0128	0.00019	0.055993	0.0536	0.0035	81.3782301	3.70351979	91.7	5.6	340	120	12.6836991		
JPZ_121_36	426	771	0.55252918	0.0827	0.0036	0.01281	0.00015	0.11571	0.0484	0.0021	81.9771391	3.58757926	80.7	3.4	134	82	-1.5579211		
JPZ_121_24	441	950	0.46421053	0.0856	0.0052	0.01283	0.00017	0.06122	0.0499	0.0028	81.9498466	3.64981229	84.7	4.4	140	100	3.35589812		
JPZ_121_29	109	251	0.43426295	0.0887	0.009	0.01287	0.00026	0.01879	0.0513	0.0051	82.0593838	3.85949345	84.9	8.3	240	160	3.46165915		
JPZ_121_41	28.8	79.8	0.36090226	0.117	0.016	0.01289	0.0003	0.29437	0.065	0.0089	80.7664663	3.99698963	107	14	480	250	32.4807249		
JPZ_121_45	282	526	0.53612167	0.0942	0.0046	0.01288	0.00019	0.19485	0.0547	0.0026	81.7707819	3.69222387	91.7	4.3	384	96	12.1427457		
JPZ_121_40	425	592	0.71790541	0.0869	0.0039	0.01292	0.00026	0.15941	0.051	0.0023	82.407985	3.6414677	84.3	3.6	226	87	2.29591218		
JPZ_121_50	102.3	167.1	0.61220826	0.12	0.01	0.01325	0.00026	0.11939	0.0684	0.0057	82.6506516	3.92321826	117	9.2	810	160	41.5596825		
JPZ_121_35	58.7	135	0.43481481	0.119	0.011	0.01329	0.00033	0.2188	0.068	0.0062	82.9418477	4.11572727	114	10	700	180	37.4456962		
JPZ_121_47	455	600	0.75833333	0.0973	0.0044	0.01328	0.00018	0.36458	0.0552	0.0023	84.2458752	3.75078614	94.6	4	399	85	12.2903641		
JPZ_121_33	74	188	0.39361702	0.074	0.011	0.01334	0.00035	-0.048397	0.0398	0.0061	86.2755766	4.3060506	70	10	-210	190	-18.86464		
JPZ_121_19	100	224	0.44642857	0.0974	0.0086	0.01336	0.00028	0.031885	0.0517	0.0047	85.1269093	4.04136567	94.4	7.7	270	100	10.8932543		
JPZ_121_44	36.4	97	0.37525773	0.103	0.011	0.01347	0.00029	0.018811	0.0582	0.0067	85.1212224	4.10743632	97	10	520	200	13.9551304		
JPZ_121_51	63.2	125.9	0.5019857	0.101	0.011	0.01369	0.00034	0.11199	0.0555	0.006	86.8022418	4.29456602	95.8	9.8	370	190	10.3658131		
JPZ_121_43	26.1	64	0.4078125	0.097	0.015	0.01375	0.00038	0.11357	0.052	0.0085	87.5675122	4.55001567	90	14	190	270	2.77784274		
JPZ_121_49	205	315	0.65079365	0.1084	0.0079	0.01389	0.00027	0.11886	0.0575	0.0041	87.8415282	4.13434509	104	7.3	610	130	18.3905258		
JPZ_121_53	102.7	197	0.5213198	0.0926	0.0079	0.01391	0.00026	0.060433	0.0486	0.0042	88.9615921	4.11379256	91.2	7.2	130	140	2.5161509		
JPZ_121_54	31.9	80.3	0.39726027	0.103	0.015	0.01397	0.00035	0.0055303	0.0532	0.0081	88.8275419	4.4747543	96	14	170	260	8.07458809		
JPZ_121_42	68.3	159	0.42955975	0.1274	0.0089	0.01417	0.00027	0.14254	0.0683	0.0049	88.3754712	4.16160795	123.9	7.8	790	140	40.1972723		
JPZ_121_48	60.1	109	0.55137615	0.111	0.014	0.0142	0.00036	0.020972	0.0604	0.0079	89.4624063	4.50024864	104	13	460	220	16.2499471		
JPZ_121_52	76	124	0.61290323	0.086	0.0232														

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	f206	Pb	Th	U	Th/Ub	Isotope ratios				Ages [Ma]			
						207Pb/235U	1s [%]	206Pb/238U	1s [%]	207Pb/235U	1s [%]	206Pb/238U	1s [%]
JPZ_159_A_5	31.6				97.2	0.32510288	0.116	0.028	0.01227	0.00048	-0.05976	0.017	76.5017621
JPZ_159_A_11	168.5				372.8	0.45198498	0.0917	0.0097	0.01264	0.00027	0.053295	0.0057	80.375813
JPZ_159_A_8	173				520	0.33269231	0.0887	0.0081	0.01264	0.00026	0.03097	0.0047	80.6295227
JPZ_159_A_3	163.8				810	0.20222222	0.097	0.01	0.01285	0.00026	0.073065	0.0058	81.6431134
JPZ_159_A_12	160.6				463	0.34686825	0.0882	0.0085	0.01286	0.00023	-0.077143	0.0047	82.2337055
JPZ_159_A_2	34.02				75.9	0.44822134	0.209	0.037	0.01302	0.00072	0.13336	0.038	74.9806324
JPZ_159_A_14	97.6				278.5	0.35044883	0.105	0.013	0.01309	0.0003	-0.089192	0.0071	82.8247198
JPZ_159_A_1	497				665	0.74736842	0.0823	0.0087	0.01313	0.00026	-0.067555	0.0046	84.4170089
JPZ_159_A_11	210.7				353	0.59688385	0.129	0.017	0.01318	0.00031	0.11061	0.0091	81.9932946
JPZ_159_A_10	127.6				347	0.36772334	0.0793	0.0092	0.0132	0.00026	-0.065371	0.0037	84.9603265
JPZ_159_A_38	60.7				199	0.30502513	0.139	0.03	0.01321	0.00035	0.27718	0.016	81.7013039
JPZ_159_A_36	137.9				393	0.35089059	0.084	0.012	0.01323	0.00035	-0.093453	0.0051	84.3553551
JPZ_159_A_15	145				240	0.59166667	0.099	0.023	0.01328	0.00039	0.0039099	0.0054	84.379379
JPZ_159_A_25	32				141.1	0.24805103	0.099	0.017	0.01328	0.00039	0.068603	0.0057	84.299221
JPZ_159_A_7	74.4				285	0.26105263	0.088	0.013	0.01329	0.0003	-0.089314	0.0053	84.8323594
JPZ_159_A_24	15.8				60.6	0.26072607	0.106	0.041	0.01333	0.00069	0.067095	0.0074	82.5475994
JPZ_159_A_17	140				212	0.66037736	0.116	0.032	0.01335	0.00054	0.076924	0.07	83.1001376
JPZ_159_A_23	90.3				1002	0.09011976	0.0917	0.0059	0.01335	0.00029	0.37116	0.049	85.3531102
JPZ_159_A_16	353				626	0.56389776	0.0875	0.0098	0.01346	0.00028	0.011882	0.0472	86.2478982
JPZ_159_A_28	56.8				140.2	0.40513552	0.12	0.019	0.0135	0.00044	-0.064849	0.072	83.8129839
JPZ_159_A_21	81.4				178.9	0.45500279	0.124	0.024	0.01355	0.00044	0.044831	0.073	84.0132237
JPZ_159_A_6	10.57				60.4	0.175	0.111	0.046	0.01364	0.00067	0.1245	0.083	83.4729198
JPZ_159_A_18	633				1000	0.633	0.0781	0.0075	0.01367	0.00028	-0.013797	0.0407	88.3010357
JPZ_159_A_31	341.2				434.2	0.78581299	0.1008	0.0077	0.0137	0.00026	0.14543	0.0544	86.9864174
JPZ_159_A_27	44				105	0.41904762	0.125	0.035	0.01376	0.00055	0.048086	0.068	85.8624789
JPZ_159_A_37	414				800	0.5175	0.0962	0.0077	0.01378	0.00032	0.12663	0.0526	87.6912798
JPZ_159_A_32	182.1				389	0.46812339	0.0929	0.0075	0.01383	0.00031	0.25163	0.0489	88.4189854
JPZ_159_A_34	45.6				129.4	0.35239567	0.127	0.021	0.01396	0.00037	0.079378	0.069	86.9292579
JPZ_159_A_9	66				256.8	0.25700935	0.087	0.012	0.01398	0.00034	0.0148	0.0465	89.6429172
JPZ_159_A_20	147				607	0.24217463	0.094	0.014	0.014	0.00047	0.26519	0.0475	89.6581557
JPZ_159_A_26	151				445	0.33932584	0.0957	0.0067	0.01409	0.00028	0.19413	0.0497	89.9829605
JPZ_159_A_13	191.9				457	0.41991247	0.1302	0.0099	0.01418	0.00026	-0.020664	0.0656	88.7449725
JPZ_159_A_29	164.7				268	0.61455224	0.096	0.01	0.0142	0.00035	0.25173	0.0504	90.6023571
JPZ_159_A_39	430				1598	0.26908636	0.0952	0.0054	0.01423	0.00027	0.18841	0.049	90.9527832
JPZ_159_A_41	71.2				188.4	0.37791932	0.173	0.037	0.01423	0.00063	0.20865	0.085	86.8398421
JPZ_159_A_35	90.8				389	0.23341902	0.091	0.01	0.01428	0.00038	0.15247	0.0448	91.7522336
JPZ_159_A_19	597				870	0.6862069	0.1	0.0093	0.01434	0.00034	0.18834	0.049	91.6525159
JPZ_159_A_40	184				519	0.35452794	0.125	0.017	0.01455	0.00036	0.11096	0.0635	91.2952173
JPZ_159_A_33	52.8				171.4	0.30805134	0.106	0.014	0.01474	0.00043	0.12456	0.0554	83.4397634
JPZ_159_A_30	13.42				47.1	0.28492569	0.249	0.052	0.015	0.00077	0.22494	0.134	85.6193349
JPZ_159_A_22	76.2				230	0.33130435	0.182	0.036	0.01638	0.00058	0.63265	0.071	101.734515

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	Pb		Th		U	207Pb/235U		Th/U		1s		206Pb/238U		1s		Isotope ratios		207Pb/206Pb		1s		Ages (Ma)		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s		206Pb/238U		1s		207Pb/206Pb		1s	
-------------	----	--	----	--	---	------------	--	------	--	----	--	------------	--	----	--	----------------	--	-------------	--	----	--	-----------	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--	------------	--	----	--	-------------	--	----	--

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	f206	Pb	Th	U	Th/U	207Pb/235U	1 s	Isotoperatios			206Pb/238U	1 s	207Pb/206Pb	1 s	Ages (Ma)			207Pb/206Pb	1 s	%	Concl
								206Pb/238U	1 s	Rho					207Pb/235U	1 s	abs				
TCR 815_130	472		832	1.76271186	0.088	0.011	0.01253	0.0003	0.0003	0.023814	0.054	0.0059	79.6283957	5.23718441	94	10	360	180	18.0483409		
TCR 815_140	447		1073	2.40044743	0.079	0.081	0.01252	0.00026	0.00026	-0.019267	0.0432	0.0047	80.451281	5.21336322	76.4	7.6	0	170	-5.0356948		
TCR 815_152	78.8		152.1	1.93020305	0.089	0.013	0.01254	0.00038	0.00038	0.111945	0.0448	0.0081	80.6195967	5.51033465	72	13	-110	260	-10.691689		
TCR 815_24	44.4		178.5	4.0207027	0.089	0.0094	0.01254	0.00029	0.00029	0.070422	0.0519	0.0057	79.9035036	5.24684893	84.2	8.6	310	180	5.37710634		
TCR 815_97	394		429	1.08883249	0.076	0.011	0.01256	0.00031	0.00031	0.075163	0.0438	0.006	80.8486453	5.36302944	73	10	-10	200	-9.7078254		
TCR 815_150	311		196	1.76576577	0.103	0.016	0.01256	0.00042	0.00042	0.025063	0.0571	0.0096	79.5050847	5.57653518	94	15	340	260	18.2314319		
TCR 815_83	308		890	2.89651039	0.0908	0.0068	0.01259	0.00022	0.00022	-0.0079167	0.0528	0.004	80.1296373	5.09973345	87.3	6.3	260	140	8.94845273		
TCR 815_104	72.6		145.4	2.10275482	0.08	0.017	0.01255	0.00044	0.00044	0.16628	0.046	0.011	80.5624894	5.73376234	74	18	-90	320	-8.1458374		
TCR 815_134	1092		1152	1.08241758	0.089	0.0067	0.01259	0.00023	0.00023	0.032583	0.0489	0.0039	80.5245421	5.12131874	83.7	12	140	140	3.94346597		
TCR 815_85	766		978	1.27806789	0.0827	0.0073	0.0126	0.00025	0.00025	0.060341	0.0473	0.0041	80.750367	5.1970336	80.7	6.7	120	150	-0.0623737		
TCR 815_116	42.63		97.8	2.29415904	0.115	0.034	0.01255	0.00062	0.00062	-0.024198	0.081	0.024	77.0291991	5.50098942	91	31	-160	480	18.1370195		
TCR 815_110	78.6		167	2.12468193	0.084	0.024	0.01262	0.00054	0.00054	0.111276	0.052	0.013	80.400979	6.13047262	78	22	30	350	-2.9862559		
TCR 815_149	40.9		150.9	3.68948655	0.075	0.015	0.01262	0.00035	0.00035	0.091608	0.0421	0.0085	81.4057418	5.35353202	69	14	-180	270	-15.239994		
TCR 815_93	1191		154.1	1.2938707	0.0842	0.0055	0.01263	0.00018	0.00018	0.134	0.0485	0.0031	80.8199315	5.05555056	81.9	5.1	130	120	1.3363888		
TCR 815_86	1377		1319	0.95787945	0.0799	0.0061	0.01264	0.00022	0.00022	0.011765	0.0464	0.0036	81.0971163	5.13423421	77.3	5.7	50	130	-4.6821841		
TCR 815_77	186.1		279.8	1.50349275	0.091	0.013	0.01266	0.00033	0.00033	0.093583	0.0524	0.0073	80.6140282	5.38975298	85	12	160	220	5.44070545		
TCR 815_102	1073		1308	1.21901212	0.0845	0.0045	0.01267	0.0002	0.0002	0.23509	0.0491	0.0025	81.0136789	5.11161627	82.3	4.2	153	95	1.58778256		
TCR 815_124	140.5		263	1.87188612	0.092	0.016	0.01268	0.00039	0.00039	0.20937	0.0544	0.0091	80.5369013	5.59440719	85	14	210	260	5.54168166		
TCR 815_68	223		382	1.71300448	0.087	0.01	0.01272	0.00034	0.00034	0.008037	0.051	0.0062	81.1376856	5.44759741	83.7	9.8	150	200	3.15798306		
TCR 815_78	182.1		344	1.88907194	0.092	0.011	0.01273	0.00026	0.00026	-0.029485	0.0536	0.0067	80.9350483	5.2493611	87	10	130	190	7.49360364		
TCR 815_16	11.06		49.9	4.51175407	0.129	0.036	0.01276	0.00067	0.00067	0.063924	0.082	0.023	78.2104738	6.5826945	114	33	-10	490	45.7605285		
TCR 815_31	65.8		223.2	3.39209726	0.0873	0.0086	0.01274	0.00026	0.00026	-0.061454	0.0519	0.0054	81.1725235	5.24361984	83.4	8.1	220	170	2.74412622		
TCR 815_7	158.5		336	2.11987382	0.0732	0.0097	0.01277	0.0003	0.0003	0.111827	0.042	0.0057	82.3793827	5.43542126	69.8	9.1	-120	190	-15.270062		
TCR 815_26	30.9		66.8	2.1618123	0.084	0.018	0.01277	0.00049	0.00049	0.055495	0.05	0.011	81.5579608	5.95876493	75	16	-120	300	-8.0408593		
TCR 815_34	77.7		178.1	2.29214929	0.105	0.013	0.01279	0.00032	0.00032	0.041414	0.0609	0.0073	80.5641231	5.3409528	100	12	390	220	24.1247297		
TCR 815_63	120		263	2.19166667	0.097	0.018	0.01279	0.0004	0.0004	0.29654	0.0544	0.0095	81.2326422	5.65964164	89	16	280	260	9.56186779		
TCR 815_138	118.6		291.8	2.46037099	0.081	0.017	0.01279	0.0005	0.0005	-0.14302	0.045	0.01	82.1993418	6.05787559	74	16	-160	300	-9.9749482		
TCR 815_146	86.2		292	3.387471	0.109	0.014	0.01279	0.00035	0.00035	0.11086	0.0578	0.0075	80.882961	5.48577371	102	13	480	210	26.1081428		
TCR 815_28	73.3		171.7	2.34242838	0.0826	0.0096	0.01281	0.00031	0.00031	0.081988	0.0465	0.0054	82.1728322	5.40436833	79.3	9	0	190	-3.4960851		
TCR 815_41	93.8		136	1.44989339	0.08	0.021	0.0128	0.00044	0.00044	0.162	0.048	0.012	81.9545848	5.86919051	69	19	-120	330	-15.807029		
TCR 815_95	223		589	2.64125561	0.0879	0.0098	0.0128	0.00027	0.00027	0.31001	0.0492	0.0056	81.8310831	5.32705485	83.6	9	50	190	2.16166869		
TCR 815_2	175.1		214.1	1.22272987	0.091	0.005	0.01282	0.00019	0.00019	0.14237	0.0516	0.0028	81.7110098	5.09837009	88.3	4.6	230	100	8.06377286		
TCR 815_5	138.2		483	3.49493488	0.082	0.0089	0.01282	0.00029	0.00029	0.12146	0.0466	0.0052	82.2263958	5.40128939	79.1	8.4	60	180	-3.8021803		
TCR 815_154	532		1115	2.09586466	0.0852	0.0047	0.01282	0.00018	0.00018	0.022101	0.0494	0.0028	81.937783	5.11141658	82.9	4.4	170	110	1.17432635		
TCR 815_154	274		325	1.18613139	0.0736	0.0092	0.01282	0.00031	0.00031	0.020546	0.0422	0.0052	82.6799128	5.42936953	71.8	8.6	-120	180	-13.159076		
TCR 815_165	598		865	1.44648829	0.085	0.0068	0.01282	0.00028	0.00028	-0.012941	0.049	0.004	81.979014	5.31193577	81.9	6.4	130	150	-0.0963831		
TCR 815_118	189.3		359.1	1.89698891	0.081	0.012	0.01283	0.00035	0.00035	-0.019657	0.0459	0.0067	82.3624657	5.4998045	78	11	20	230	-5.2966672		
TCR 815_148	262		317	1.20992366	0.0826	0.0092	0.01283	0.00032	0.00032	0.19419	0.046	0.0049	82.3521504	5.40178527	80.2	8.6	30	160	-2.6133506		
TCR 815_101	380		473	1.24473684	0.077	0.0082	0.01285	0.00028	0.00028	-0.0054241	0.045	0.0049	82.5832815	5.34487942	74.6	7.8	-40	170	-9.6669464		
TCR 815_76	1155		1397	1.20952381	0.0843	0.0038	0.01287	0.00017	0.00017	0.097978	0.048	0.0022	82.4008476	5.11595582	81.9	3.5	113	85	-0.6078185		
TCR 815_111	59.8		144	2.0802676	0.068	0.024	0.01288	0.00055	0.00055	0.051843	0.049	0.017	82.3610453	5.36078066	61	23	-310	370	-25.93586		

Spot number	f_{206}	Pb ppm	Th ppm	U ppm	Th/U	Isotope ratios							Ages (Ma)			207Pb/ 206Pb	1 s abs	% Concf
						207Pb/ 238U	1 s [%]	206Pb/ 238U	1 s [%]	Rho	207Pb/ 206Pb	1 s [%]	206Pb/ 238U	1 s abs	207Pb/ 235U			
TCR 815_161	267.4	269.2	1.006731419	0.085	0.01	0.01286	0.00034	0.002533	0.0477	0.0057	82.3681149	5.52689733	81	9.6	200	-1.6609763		
TTCR 815_91	96.3	174.6	1.81308411	0.057	0.023	0.01289	0.00059	0.064945	0.0029	0.014	84.4971288	6.6219503	47	22	-80	-44.376808		
TTCR 815_136	934	1529	1.63704497	0.0814	0.006	0.01287	0.00025	0.051967	0.046	0.0034	82.6077881	5.32674373	78.8	5.6	130	-4.6094783		
TTCR 815_18	49.1	130.5	2.57284114	0.189	0.018	0.01291	0.00039	0.12229	0.09	0.0011	78.2957521	5.48406133	139	16	1180	230 77.5319813		
TTCR 815_103	754	937	1.242770557	0.0899	0.0055	0.01292	0.00022	0.12229	0.0511	0.0031	82.3975979	5.22991784	86.8	5.1	230	120 5.34287676		
TTCR 815_133	1164	1723	1.09364261	0.0838	0.0058	0.01294	0.00025	0.171	0.046	0.0032	82.927328	5.26121797	81.5	5.5	60	120 -1.7117193		
TTCR 815_20	23.87	74.3	3.11269376	0.119	0.002	0.01294	0.00046	0.00059051	0.075	0.013	80.0379633	5.85104039	109	19	560	300 36.1853743		
TTCR 815_64	116	247	2.12931034	0.072	0.015	0.01292	0.00041	0.0045195	0.0427	0.0092	83.2700749	5.79395554	66	14	-230	-20 7398834		
TTCR 815_75	96.2	353	3.66943867	0.099	0.01	0.01293	0.00028	0.12357	0.056	0.0058	81.9517134	5.35095598	94.5	9.2	350	180 15.3117797		
TTCR 815_142	52.5	150	2.85714286	0.055	0.025	0.01294	0.00062	0.030763	0.031	0.016	84.6153804	6.71954937	49	24	-950	-42.090906		
TTCR 815_35	92	217.2	2.36086957	0.0767	0.0099	0.01294	0.00028	0.100299	0.0449	0.0058	83.1695645	5.41918874	73	9.3	-130	190 -12.227507		
TTCR 815_66	48.5	137.1	2.62601856	0.148	0.033	0.01295	0.00054	0.10699	0.087	0.021	78.8498714	6.25601972	120	28	120	410 52.1879464		
TTCR 815_108	135.5	223.4	1.64870849	0.076	0.014	0.01295	0.00035	-0.051608	0.0442	0.0083	83.3064297	5.64712495	70	13	-240	-250 -15.972872		
TTCR 815_115	1340	2280	1.70149254	0.0812	0.0042	0.01295	0.00021	0.0927609	0.0452	0.0023	83.2023259	5.261228	79.2	3.9	6	91 -4.8103534		
TTCR 815_3	42.6	106.9	2.50938967	0.108	0.032	0.01298	0.00061	-0.089196	0.068	0.021	81.0149943	6.59027308	86	30	0	440 6.15318904		
TTCR 815_17	39.9	109.3	2.73934837	0.156	0.027	0.013	0.00043	0.12842	0.088	0.015	79.0486077	5.70109867	132	22	500	320 66.9858634		
TTCR 815_23	23	130	5.65217391	0.08	0.014	0.013	0.00039	0.1125	0.044	0.0074	83.6266639	5.69784653	80	13	20	420 3.367315		
TTCR 815_117	601	556	0.92512479	0.0777	0.0088	0.01299	0.00031	0.044985	0.0453	0.0052	83.4477563	5.4726082	75.1	8.3	-30	180 -10.003572		
TTCR 815_120	124	254.3	2.05806645	0.099	0.017	0.01299	0.00037	-0.12032	0.0547	0.0096	82.4661774	5.65975995	90	15	50	270 9.13565151		
TTCR 815_72	98.3</																	

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number					Isotope ratios				Ages (Ma)				Conc		
	Pb	Th	U		207Pb/235U	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/206Pb	1s	207Pb/235U	1s			
	f206	ppm	ppm	ppm	Th/U	[%]	[%]	[%]	Rho	207Pb/206Pb	[%]	abs	abs	%	
TCR 815_145	1386				2290	1.65223665	0.0893	0.0039	0.01325	0.0002	0.21726	0.0482	86.6	79	2.12051982
TCR 815_19	63.3				136.3	2.15323855	0.129	0.017	0.01326	0.00037	0.012462	0.0711	121	250	46.8001497
TCR 815_71	118.9				211.3	1.77712363	0.078	0.016	0.01323	0.00043	0.027516	0.0448	72	15	-170
TCR 815_143	178.3				413.6	2.31968592	0.0741	0.0092	0.01326	0.00032	-0.012754	0.0415	83.1	180	-14.582243
TCR 815_60	578				879	1.52076125	0.0916	0.0072	0.01327	0.00026	0.120555	0.0497	79.7	130	5.81668384
TCR 815_61	102.3				191	1.86705767	0.078	0.016	0.01323	0.00043	-0.011651	0.042	73	15	-160
TCR 815_29	315.5				522	1.65451664	0.0841	0.0051	0.01333	0.00021	0.23567	0.0456	81.8	40	110
TCR 815_27	35.8				209	5.83798883	0.1047	0.0096	0.01333	0.00032	0.069062	0.0591	102.3	490	160
TCR 815_164	26.09				68.2	2.61402836	0.098	0.031	0.01342	0.00075	-0.038217	0.05	77	29	-1320
TCR 815_87	34.1				81.8	2.39882698	0.118	0.053	0.01343	0.00087	0.005452	0.084	66	48	-690
TCR 815_33	27				85.2	3.15555556	0.116	0.022	0.01344	0.00047	0.13338	0.062	105	19	340
TCR 815_40	30.5				62.7	2.0557377	0.082	0.023	0.01345	0.00063	0.076824	0.043	69	28	-720
TCR 815_141	88				317	3.60227273	0.083	0.023	0.0135	0.0005	0.064553	0.053	70	21	330
TCR 815_122	23.7				63.5	2.67932489	0.08	0.05	0.01353	0.0009	-0.097581	0.073	75	49	-3100
TCR 815_45	931				1347	1.44681336	0.087	0.0049	0.01352	0.00023	0.058713	0.0454	85	20	99
TCR 815_57	31.18				98.9	3.17190507	0.062	0.026	0.01348	0.00062	-0.039002	0.043	54	25	-680
TCR 815_51	344				458	1.33139535	0.0966	0.009	0.01355	0.00028	0.064536	0.0509	92.7	8.4	240
TCR 815_53	49.6				115.2	2.32258065	0.102	0.034	0.01356	0.0006	-0.074231	0.056	103	28	400
TCR 815_114	2210				3630	1.64253394	0.0838	0.0036	0.01361	0.00022	0.2806	0.0453	81.4	3.3	-63
TCR 815_44	3890				3680	0.94601542	0.0884	0.003	0.01362	0.00015	0.14697	0.0475	86	2.7	73
TCR 815_48	245				471	1.92244898	0.096	0.011	0.01363	0.00027	0.078239	0.0528	91.1	9.8	190
TCR 815_62	112.2				204.6	1.82352941	0.151	0.023	0.01367	0.0005	0.20978	0.078	140	20	650
TCR 815_90	116.4				275	2.36254296	0.11	0.021	0.01368	0.00055	0.029691	0.062	99	20	290
TCR 815_157	66.7				110	1.64917541	0.121	0.022	0.01369	0.00053	-0.078216	0.067	108	20	310
TCR 815_47	1610				1700	1.05590062	0.0858	0.0093	0.01369	0.0003	0.23117	0.0463	81.7	8.7	150
TCR 815_55	69.8				205	2.93696275	0.115	0.02	0.01371	0.00043	0.076047	0.065	112	18	270
TCR 815_21	7.39				37.11	5.02165088	0.246	0.047	0.01374	0.00073	0.55811	0.131	189	38	880
TCR 815_50	1924				2188	1.13721414	0.0884	0.0035	0.01373	0.00018	0.11356	0.0461	86.1	3.3	72
TCR 815_92	53				137.9	2.60188679	0.083	0.028	0.01377	0.00059	0.038336	0.059	65	26	-500
TCR 815_15	15.73				83.5	5.30832804	0.186	0.027	0.01382	0.00062	0.11494	0.083	139	24	350
TCR 815_8	35.5				79.9	2.5070423	0.186	0.035	0.01385	0.00063	0.041158	0.099	152	30	380
TCR 815_14	32.6				60	1.8404908	0.204	0.041	0.01398	0.00069	0.34968	0.115	164	34	750
TCR 815_39	17.9				67.8	3.7877095	0.117	0.034	0.01409	0.00076	-0.051454	0.068	98	31	470
TCR 815_156	1015				841	0.82885743	0.0932	0.0055	0.01407	0.00025	0.057374	0.0491	89.8	5.1	170
TCR 815_54	1400				2820	2.01428571	0.1014	0.0037	0.01409	0.00028	0.33776	0.0521	97.7	3.4	110
TCR 815_36	38.2				157.2	4.11518325	0.104	0.014	0.01413	0.00034	0.079895	0.0571	97	13	275
TCR 815_45	580				750	1.29310345	0.102	0.0084	0.01413	0.00028	-0.023568	0.0527	99.9	230	150
TCR 815_59	54.1				83	1.53419593	0.234	0.085	0.01413	0.0014	0.17456	0.098	126	47	1300
TCR 815_73	19.2				55.7	2.90104167	0.211	0.048	0.01483	0.00075	0.061261	0.108	259	40	480
TCR 815_88	220				172	0.78181818	0.217	0.054	0.01509	0.00085	0.13119	0.126	169	41	460
TCR 815_43	40.3				105.9	2.62779156	0.177	0.037	0.01609	0.00076	0.33296	0.081	155	29	700
TCR 815_38	39				155	3.97435897	0.09	0.024	0.01624	0.00069	-0.0042747	0.047	81	23	380
TCR 815_69	24.5				70.4	2.87346939	0.27	0.061	0.0165	0.001	0.0049126	0.13	224	51	510
TCR 815_56	8.22				26.91	3.27372623	0.7	0.15	0.0185	0.0016	0.36645	0.331	390	94	1100

[illegible]

Spot number	f206	Pb	Th	U	Th/Ub	235U/238U	Isotope ratios			206Pb/238U	Rho	207Pb/206Pb	1s	206Pb/238U	1s	206Pb/238U	1s	207Pb/235U	1s	207Pb/235U	1s	Age (Ma)	1s	Conc
							206Pb/238U	1s	206Pb/238U															
65A501A	0.120183616	7.99953858	33.5350536	0.49414414	0.103507	70.4140056	0.01501516	0.94895523	0.00909638	22.0177698	96.0741892	100.00842	70.1907992	174.8242637	47.8600401	49.31329	64.2178171	120.251236	87.0769883	97.8423292	175.800188	121.541923	21.5149329	
65A502A	0.120261335	7.99971738	33.5931669	0.3325792	0.12568752	72.4342367	0.18615357	0.86165123	0.05665764	36.7604286	102.89164	68.2178171	120.251236	87.0769883	97.8423292	175.800188	64.2178171	120.251236	87.0769883	97.8423292	175.800188	121.541923	21.5149329	
65A503A	0.438161032	0.68510561	34.3765138	0.38549983	0.1395183	63.500452	0.908414	0.06260303	29.224818	101.766733	64.6320477	136.889099	93.1431369	694.881438	203.015661	120.6494102	64.6320477	136.889099	93.1431369	694.881438	203.015661	120.6494102	21.5149329	
65A504A	0.334669063	1.09311562	34.9821482	0.78931112	0.14433638	69.477074	0.60195937	0.06059298	0.87231552	0.60397042	39.3703559	106.102475	64.3044747	136.889099	93.1431369	170.904049	64.3044747	136.889099	93.1431369	170.904049	93.1431369	170.904049	14.9429132	
65A505A	1.22631436	2.9708244	44.2806607	16.95706158	0.26113012	0.08853056	77.98742362	0.19438747	0.82836671	0.09434847	28.0959132	66.2514961	66.2851484	156.88955	660.067469	6.751902269	66.2514961	66.2851484	156.88955	660.067469	6.751902269	6.751902269	14.9429132	
65A506A	0.27828422	1.67628194	28.687529	34.3772169	0.43098475	67.4191971	0.7178908	0.056750411	0.89504923	0.09438247	28.0959132	113.67424474	136.639165	456.888783	156.46877	10.2122629	113.67424474	136.639165	456.888783	156.46877	10.2122629	10.2122629	14.9429132	
65A507A	0.32319493	0.70109787	17.8079583	48.3704547	0.36863785	91.15101205	82.3303992	0.1042901	0.717585421	0.8715923	0.05945866	44.0594898	88.082985	64.4451257	110.539893	91.007935	44.0594898	88.082985	64.4451257	110.539893	91.007935	91.007935	14.9429132	
65A508A	0.44589746	0.79292646	20.4561661	51.4319351	0.39773277	0.084547525	80.8345636	0.10461734	68.86466589	0.85192005	0.04190571	42.3307866	93.5461278	64.4701535	32.6288877	66.5485804	42.3307866	93.5461278	64.4701535	32.6288877	66.5485804	32.6288877	14.9429132	
65A509A	0.348331791	0.4906085	14.5017731	91.9293171	0.34046685	83.87760109	83.760109	0.0317578	76.7100587	0.95166259	0.05680813	33.6732582	86.181236	64.7297752	99.7172752	83.547902	33.6732582	86.181236	64.7297752	99.7172752	83.547902	83.547902	14.9429132	
65A501A	0.151805931	0.76940471	13.381577	43.0974523	0.3409533	0.09993368	91.9525329	0.0352636	78.4121105	0.85672576	0.05356771	47.206823	86.3984085	67.93338026	71.648048	83.51858	47.206823	86.3984085	67.93338026	71.648048	83.51858	35.2919466	14.9429132	
65A502A	0.065152955	0.66218635	17.5177042	39.0094347	0.4069327	0.0999	91.9525329	0.0352636	78.4121105	0.85672576	0.05356771	47.206823	86.3984085	67.93338026	71.648048	83.51858	47.206823	86.3984085	67.93338026	71.648048	83.51858	35.2919466	14.9429132	
65A503A	0.81260771	0.6853917	21.5049472	41.3964607	0.51948738	0.08546794	93.7123823	0.0123263	88.49377659	0.91234225	0.05401094	38.368511	78.9489821	67.1996176	71.648048	83.51858	38.368511	78.9489821	67.1996176	71.648048	83.51858	35.2919466	14.9429132	
65A504A	0.19988539	2.3473576	90.5406634	152.46656	0.519483948	0.08546794	93.7123823	0.0123263	88.49377659	0.91234225	0.05401094	38.368511	78.9489821	67.1996176	71.648048	83.51858	38.368511	78.9489821	67.1996176	71.648048	83.51858	35.2919466	14.9429132	
65A505A	0.387537669	2.11595199	101.489758	129.699163	0.78215026	0.08556596	88.7053594	0.0172376	82.59204058	0.93110777	0.048743908	32.3547635	81.5624931	67.3659009	83.3646488	73.9487339	32.3547635	81.5624931	67.3659009	83.3646488	73.9487339	135.2198011	47.7534060	60.283559
65A506A	0.8653585	0.56397524	14.6162604	36.1485143	0.40433917	0.0772216	85.343997	0.0126203	88.8041856	0.8429436	0.0413188	56.6783774	76.6431394	68.0623138	69.580325	73.5915251	56.6783774	76.6431394	68.0623138	69.580325	73.5915251	156.71756	88.342971	48.9032559
65A507A	0.181575086	2.26416367	105.074066	178.630089	0.5882010	0.0849965	88.7561003	0.01216409	86.5007852	0.90567808	0.0567808	19.5243131	77.9416693	67.4834401	82.8316615	73.5915251	19.5243131	77.9416693	67.4834401	82.8316615	73.5915251	226.214546	44.166878	34.4547558
65A508A	0.71127384	0.6869512	24.2640317	44.1953848	0.54901185	0.08378407	84.1731713	0.0203515	90.3395126	0.84321352	0.04999041	57.5929491	73.7250797	69.7737964	81.0351246	86.1871474	57.5929491	73.7250797	69.7737964	81.0351246	86.1871474	194.594579	112.048758	39.6992688
65A509A	0.11260205	0.2499531	160.259327	19.125093	0.17279834	84.1731713	0.0203515	90.3395126	0.84321352	0.04999041	57.5929491	73.7250797	69.7737964	81.0351246	86.1871474	194.594579	0.11260205	0.2499531	160.259327	19.125093	0.17279834	84.1731713	112.048758	
65A501A	0.04419161	2.0274298	38.5049133	157.273183	0.24681337	0.06517269	61.0066749	0.01665749	48.5325562	0.79552535	0.03251523	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	91.761336	-339.19746	-10.137122
65A502A	0.11868773	1.8012438	15.585684	51.175972	0.30137082	0.06517269	61.0066749	0.01665749	48.5325562	0.79552535	0.03251523	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	91.761336	-339.19746	-10.137122
65A503A	0.11761324	0.69380602	28.894136	73.7609799	0.39173702	0.06517269	61.0066749	0.01665749	48.5325562	0.79552535	0.03251523	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	36.9651834	93.0195853	54.1544964	64.1081714	39.1102637	91.761336	-339.19746	-10.137122
65A504A	0.0063036	37.920604	297.210051	290.578335	0.9541584	0.88534576	9.38380319	0.1145042	15.84497932	0.60795574	0.05667908	6.7201252	69.837236	45.700200	64.865796	60.419091	6.7201252	69.837236	45.700200	64.865796	60.419091	45.500675	30.610209	153.421812
65A505A	0.00215561	29.534682	167.983545	242.55834	0.69245904	0.83849702	10.6493751	0.11004796	6.82823582	0.64118652	0.05526094	8.1771144	67.3026436	45.9558322	61.815889	53.8467784	8.1771144	67.3026436	45.9558322	61.815889	53.8467784	42.7795622	34.55183	159.184817
65A506A	0.00718137	32.364303	183.03852	303.635293	0.73854588	0.84278482	12.6451245	0.12350744	6.103409	9.73340209	0.98689225	0.293953	7.60274701	30.736759	298.94857	3294.9106	0.4659582	30.736759	298.94857	3294.9106	0.4659582	34.3348394	84.1609508	89.4625651
65A507A	0.00171837	12.11959187	30.043822	97.7457903	1.0297882	0.76427841	25.6411946	0.12161527	10.164105	0.39663794	0.04557783	27.83047007	379.85549	75.1995127	74.757574	40.145182	27.83047007	379.85549	75.1995127	74.757574	40.145182	75.948578	-5.7948545	-3005.5353
65A508A	0.0024013	30.2801036	258.007825	325.122911	1.09731056	0.93337894	11.2697855	0.15246186	6.93483827	0.6153074	0.05432196	8.88383828	757.089846	45.2499505	66.941079	75.4411602	8.88383828	757.089846	45.2499505	66.941079	75.4411602	384.420884	196.942949	196.942949
65A509A	0.00345188	69.1849323	242.78235	480.618422	1.27435447	1.09150158	15.690897	0.12307909	1.3317816	0.74703109	0.06431893	10.0842455	748.261701	82.7913817	49.7913817	249.233148	10.0842455	748.261701	82.7913817	49.7913817	249.233148	752.135515	75.8471917	97.484958

Anexo 1. (Continuación) Resultados isotópicos U-Pb en circones.

Spot number	Pb	Th	U	Th/Lb	207Pb/ 235U	206Pb/ 238U	Isotopratios			Ages [Ma]			% Conf					
							1s	rho	206Pb	1s	abs	1s		abs				
WTRCA-001A	0.03951511	1.27132112	51.991831	0.01769738	0.08974251	0.20189319	0.02118804	10.433970	0.50242125	0.05340269	18.0005269	78.094194	81.68355405	87.2634793	38.1673423	345.9344776	62.21718824	22.5174793
WTRCA-002A	0.03000117	2.29380508	71.8620064	0.15374995	0.10110838	0.16510369	0.93006834	0.59392434	0.59392434	0.05959892	13.3156546	83.8679959	8.24477796	97.7989449	146.1667394	454.235703	60.2301283	18.5410507
WTRCA-003A	0.01702869	1.97983279	50.008287	0.14782037	0.08040021	0.18574526	0.01174874	10.10713158	0.59404986	0.04940936	15.206499	75.2958062	8.13971444	85.9591069	15.5868744	167.33062	25.4781062	44.9982323
WTRCA-004A	0.02375424	1.15328121	59.385152	0.70058451	0.08834351	0.1912487	0.01168234	10.9767194	0.50628687	0.05407958	16.2724045	74.8729045	8.21856611	78.9591069	16.840624	165.943462	65.8740876	18.44412
WTRCA-005A	0.02240873	1.4580634	81.306077	0.1374708	0.07759688	0.11783596	0.04355709	13.1076439	0.93049132	0.06354627	15.8484297	86.807508	11.432778	113.6893686	18.1541292	726.653628	37.711832	11.9476815
WTRCA-006A	0.02249026	1.23152066	65.060277	93.301104	0.67931304	0.25323312	0.01141946	11.6661188	0.4604915	0.04646218	22.47863	73.1974073	8.5335867	71.6893686	18.1541292	216.6711208	48.7317108	37.767451
WTRCA-007A	0.02465333	0.72495892	28.6216775	0.84534402	0.07086145	0.4273043	0.01155855	11.35612636	0.63760041	0.04036918	40.8202399	74.0833047	8.41138569	69.51677867	18.1541292	84.463284	87.121568	
WTRCA-008A	0.02585799	0.9387492	31.681405	0.18446629	0.05158896	0.27965957	0.021219106	10.5106431	0.37560944	0.03405612	25.9271342	78.1351067	8.21022246	61.0770886	14.2896306	108.93406	28.425495	-1.702457
WTRCA-009A	0.03492542	1.5046484	83.2654558	0.54389781	0.0587338	0.6132159	0.0097779	15.179262	0.59596387	0.04367918	21.8746551	9.02393123	55.206543	14.6922365	138.74427	28.162365	46.241091	
WTRCA-002B	0.07240509	0.6078712	44.7687366	0.0577436	0.14616561	0.0244551	11.2658321	0.32464832	0.05363782	0.03637382	38.8220348	79.7334022	8.9800244	57.001529	19.7804746	-820.41417	-26.97267	97.222362
WTRCA-003B	0.0238741	1.98011198	56.937046	0.14234478	0.07804385	0.16340089	0.01345384	10.1358628	0.62853832	0.04207179	19.2378877	86.1508177	86.1508177	67.3001356	15.6927445	222.23725	28.752806	-38.765246
WTRCA-004B	0.05122253	0.77769242	31.2080808	0.53646313	0.06723982	0.15517189	0.0141123	10.1358628	0.31966751	0.05435626	50.6428934	77.471255	9.77490351	60.6767707	34.1298789	271.08961	37.92102	-12.137368
WTRCA-005B	0.0449991	1.0776762	43.646572	0.9026086	0.7815323	0.525873	0.01209229	11.583731	0.32596204	0.03477125	39.5961245	77.471255	8.79410371	52.315964	38.5912811	-991.09954	-336.9424	-7.8167339
WTRCA-006B	0.03655199	1.39743389	64.303287	0.444566	0.06289253	0.27072957	0.01298703	11.88318969	0.40083902	0.0305852	24.8028479	83.1807912	0.72669371	81.8686433	16.7496704	70.186397	18.08225	-1.851412
WTRCA-007B	0.01655854	1.53974119	35.0167489	0.13506361	0.30972825	0.25153802	0.0432558	8.88452149	0.39299909	0.03074206	33.1298989	93.9913971	0.64727887	59.8566859	15.0562326	-1084.4665	-250.836	-8.4551619
WTRCA-001C	0.07669493	1.88823014	9.725752	0.33589487	0.08548561	16.9400452	0.00944346	14.6091424	0.74384371	0.06563953	13.3164995	60.5907842	8.85178289	83.2892834	16.3580529	75.9457857	70.403135	76.8801473
WTRCA-002C	0.141667097	0.56577027	14.969399	0.48055985	0.13853018	0.8153605	0.01201235	12.1040807	0.25648721	0.04622895	45.3160749	67.9514741	9.7311339	79.580858	37.5589382	158.7369587	72.4100526	41.6800415
WTRCA-003B	0.01724254	0.7491196	30.940628	0.571155024	0.5267093	0.06852469	35.7225445	0.01187766	12.1866341	0.34114687	0.04184225	33.9754504	76.1171425	9.27611675	67.298479	24.007791	-236.02398	-3.2497469
WTRCA-004B	0.04803998	1.50257661	61.750823	0.4495072	0.0833795	0.1488955	0.0431515	10.92386163	0.67840604	0.04225394	30.424427	91.630975	8.8767405	81.63378	11.537927	211.37662	-20.94801	-43.83684
WTRCA-005B	0.05985043	1.32084662	34.8627779	89.4712385	0.3896537	0.2782793	0.2516049	0.0435213	9.7327123	0.38144484	0.03955753	23.5869321	91.8621524	8.9406791	53.923909	-379.77688	-24.189132	-48.957122
WTRCA-006B	0.02174064	2.6106557	137.011575	165.5753	0.8274880	0.08937326	0.20998546	0.0538028	0.19567153	0.02765196	0.47194179	89.3929455	10.780635	86.917597	18.252569	-271.94073	-38.76658	-45.146653
WTRCA-007B	0.04812068	1.25986019	250.63108	0.8575882	0.09638024	0.30673024	0.01401774	9.69758874	0.9026334	0.04233575	98.7366517	98.7366517	7.0202781	96.362843	10.030251	87.035494	8.6473087	47.974077
WTRCA-008A	0.05262395	0.95135584	32.123816	0.2915451	0.45596947	0.06440282	0.86973726	0.01363655	0.207652342	0.03462293	33.1298989	93.9913971	0.64727887	62.3111953	23.88957	-76.26559	-27.41546	-1.366494
WTRCA-009A	0.07736690	1.31469151	40.504038	106.076863	0.38183712	0.07392652	30.3262736	0.01199573	11.434207	0.37703965	48.046638	25.0881072	76.8692995	8.7893959	72.4187193	23.18959	-72.174303	-106.50508

Spot number	Pb	Th	U	Th/U	207Pb/235U	1 σ	206Pb/238U	1 σ	207Pb/235U	Age (Ma)	207Pb/206Pb	1 σ	207Pb/206Pb	1 σ	% Conf
WTCA-001A	0.03915111	1.21713212	15.9918331	17.696748	0.08974251	18.0005269	0.05340269	0.50242125	0.4958737	78.094194	81.6854055	76.2634793	34.5934776	62.2718824	22.5741973
WTCA-002A	0.03001117	2.29830508	17.8620064	15.374995	0.46653795	0.0110838	0.93800434	0.5939244	0.5959282	13.3156546	83.8679959	8.2442796	97.7989449	94.1867394	45.235703
WTCA-003A	0.01702869	1.97983279	15.008287	14.765402	0.70288277	0.08004002	18.9574526	0.01174874	0.01174874	75.2958062	8.1397144	84.1825615	15.5868744	167.33062	65.4547191
WTCA-004A	0.02372464	1.15328612	59.3851521	84.7658102	0.70058245	0.08834351	0.01166824	0.10767194	0.10767194	15.2674095	75.2958062	8.1397144	84.1825615	165.93462	65.4547191
WTCA-007A	0.02349026	1.23152066	65.060277	93.9719376	0.47313529	0.25323312	0.01141946	1.1561188	0.64802017	22.47863	73.1974073	8.5356673	71.6893686	18.1541506	21.6711208
WTCA-008A	0.05463392	0.72495896	28.6216775	58.9711064	0.48534402	0.07086145	0.42.370433	0.01159855	0.10115985	48.8202399	70.0438507	8.4350567	68.1541506	34.672384	87.1212568
WTCA-009A	0.02853799	0.938742	31.6834045	75.709102	0.4684229	0.05158996	0.27.976591	0.01219016	0.01219016	78.1134169	8.1397144	84.1825615	15.5868744	167.33062	65.4547191
WTCA-002B	0.07740509	0.66077812	25.0091098	52.443747	0.47687496	0.05773436	0.34.761651	0.01245015	0.12.658312	32.8220348	79.7633427	8.1397144	84.1825615	165.93462	65.4547191
WTCA-003B	0.0238741	1.98011198	56.9370848	142.341728	0.40075376	0.7804385	16.6344089	0.01345384	0.14.553636	64.28533832	0.03457626	50.2628934	50.2628934	22.27375	88.7652466
WTCA-004B	0.05122253	0.77697917	31.708088	53.646132	0.5817331	0.06723982	0.16.541189	0.0141232	0.15.86128	19.666752	93.790255	16.9478877	16.9478877	13.3156546	45.235703
WTCA-005B	0.0448991	0.77766242	43.046572	90.0269006	0.47815323	0.0628793	0.35.537057	0.01209029	0.15.831769	33.5961245	77.4716135	8.9741031	52.1351964	18.1541506	21.6711208
WTCA-006B	0.03851599	1.39743354	46.303287	94.153909	0.445456	0.06232923	27.0729557	0.01398703	0.18.519869	0.40839002	0.0350852	24.8284789	83.1897309	73.1974073	81.6854055
WTCA-007B	0.01658584	1.53974119	35.0167489	113.053631	0.30972825	0.06072205	25.1538025	0.0142358	0.9.8845210	0.39529099	0.03074206	23.1298989	91.693971	9.0642788	59.566515
WTCA-004B	0.0480998	1.50257661	30.7508238	144.495072	0.29845013	0.0833785	14.1869355	0.0143151	9.6258616	6.67840619	0.4242427	91.693971	81.361378	11.537922	21.6711208
WTCA-005B	0.0598504	1.32083466	34.8667779	89.4712365	0.39626047	0.0782739	25.1560549	0.0135321	0.38143484	0.0395573	23.5869331	8.90761524	8.90761524	89.573122	24.819513
WTCA-006B	0.04217064	2.61406557	137.011575	165.5753	0.82748801	0.0899332	20.9998546	0.01538028	0.9.9567153	0.52175196	0.0447291	91.693971	83.1897309	73.1974073	81.6854055
WTCA-007B	0.04812068	216.98309	250.63108	86.575862	0.09630824	10.743301	0.01401774	0.013802	0.9.9567153	0.52175196	0.0447291	91.693971	83.1897309	73.1974073	81.6854055
WTCA-008A	0.05262395	0.35135854	32.312841	70.291541	0.45969147	0.0644082	36.86973276	0.01363656	0.01363656	28.4881011	87.3129295	9.9889564	62.3191593	27.721546	11.366941
WTCA-009A	0.03736904	1.31469151	40.048838	106.076683	0.38183712	0.7392652	33.6927736	0.01199573	0.11.434207	0.33703965	0.04469638	28.4881011	76.8692999	72.147403	20.050508

Spot number	[206]	Pb	Th	U	Th/U	207Pb/ 235U	1 s [%]	Isotopomeratios			Rho			206Pb/ 206Pb			Ages [Ma]			1 s Conf	1 s Conf
								1 s	206Pb/ 238U	207Pb/ 235U	1 s	207Pb/ 206Pb	1 s	207Pb/ 206Pb	1 s	207Pb/ 206Pb	1 s	207Pb/ 206Pb	1 s		
0003-Sample1	0.00574272	15.918066	883.858215	1.17193238	0.998119856	16.08692	0.01385001	15.405264	0.96603492	0.04776596	4.15780029	88.670215	13.7798238	88.61926584	14.2561105	32.6839674	14.2561105	32.6839674	14.2561105	32.6839674	
0003-Sample2	0.005361159	15.465064	77.7832475	0.998353847	0.98983635	22.4275985	0.01447702	15.150209	0.97650923	0.04936462	16.5288009	92.655719	14.0457089	95.245461	121.402478	165.139043	121.402478	165.139043	121.402478	165.139043	
0005-Sample1	0.00596749	12.8404208	660.83487	0.907905598	0.90402166	15.8780436	0.01455969	14.7670624	0.97346683	0.04738168	3.5468024	93.8111108	13.9097364	14.1387283	95.2012459	32.2588929	14.1387283	95.2012459	32.2588929	14.1387283	
0005-Sample2	0.03197357	2.84429261	76.44129	185.30174	0.99425656	0.99404512	0.01465972	14.9538205	0.8507682	0.04653211	9.2404939	93.8166415	12.7691122	93.9737364	14.1387283	95.2012459	14.1387283	95.2012459	32.2588929	14.1387283	
0005-Sample3	0.00808098	9.06205105	478.574972	518.426823	0.92312936	0.99576513	0.01454544	0.01458023	0.8693889	0.95039681	0.04765672	9.311569	13.8748611	9.78596921	12.5383208	81.2654667	9.311569	13.8748611	9.78596921	12.5383208	
0008-Sample1	0.01673152	4.03928214	30.474375	245.080966	0.93252637	0.99827489	0.01432718	14.9317968	0.84897292	0.04804515	9.29549065	92.9744963	13.8827629	93.068666	16.4117487	101.831307	92.9744963	13.8827629	93.068666	16.4117487	
0009-Sample1	0.01461897	1.6627835	284.230264	0.58302602	0.99716389	0.99754279	0.01458023	14.9317968	0.84897292	0.04804515	9.29549065	92.9744963	13.8827629	93.068666	16.4117487	101.831307	92.9744963	13.8827629	93.068666	16.4117487	
0010-Sample1	0.015422680	3.04055596	30.1556936	0.30237138	0.99540936	0.34105560	0.0146044	15.4500039	0.84538665	0.04738179	9.3987613	94.4651709	14.853483	94.1502568	16.3766533	68.475081	94.4651709	14.853483	94.1502568	16.3766533	
0011-Sample1	0.01228943	4.90659758	198.569211	351.1189418	0.56541912	0.99314261	0.01432382	15.2040039	0.92907179	0.04745977	6.05330269	91.1102101	13.8529299	94.0266379	17.9087001	12.4240554	91.1102101	13.8529299	94.0266379	17.9087001	
0004-Sample1	0.01358816	2.91595876	102.43004	186.270888	0.94590233	0.98715805	0.01450487	13.4755487	0.7298785	0.04695592	12.260695	92.8327669	12.5097243	90.2830242	16.6687099	33.7963044	92.8327669	12.5097243	90.2830242	16.6687099	
0004-Sample2	0.02864914	2.91745055	65.637134	210.302465	0.32590323	0.98715805	0.0145565	13.1606403	0.7308152	0.04695592	12.260695	92.8327669	12.5097243	90.2830242	16.6687099	33.7963044	92.8327669	12.5097243	90.2830242	16.6687099	
0005-Sample1	0.02915408	7.99964396	451.502449	845.947416	0.9068657	0.99843376	0.014938	12.9918578	0.93700577	0.48433385	9.593997	11.8996499	92.0111971	12.5620232	7.7439575	9.1446603	92.0111971	12.5620232	7.7439575	9.1446603	
0005-Sample2	0.06033539	1.2621004	26.0200008	44.907713	0.30646684	0.99831376	0.0178826	12.7011955	0.61602638	0.04776487	16.2412324	95.521475	12.7332349	95.218618	12.9372629	87.6389183	95.521475	12.7332349	95.218618	12.9372629	
0005-Sample3	0.0426201	2.3995138	76.7935734	158.839127	0.48346614	0.99589862	0.01625527	13.0791039	0.81578527	0.04776487	9.27249396	93.733385	12.2055949	93.0676959	14.9211979	86.570546	93.733385	12.2055949	93.0676959	14.9211979	
0008-Sample1	0.00646838	12.2178784	524.49915	67.826977	0.77965134	1.10261721	0.0158628	13.1071544	0.9046795	0.04762035	9.1979996	90.703702	11.8770681	106.534	14.81878	133.86582	90.703702	11.8770681	106.534	14.81878	
0009-Sample1	0.03622794	2.6533627	77.996042	176.349291	0.32775637	0.99618405	0.02828479	0.01535945	0.97978283	0.0543779	16.7706966	98.2606883	12.927747	93.2478039	19.5100962	33.8964	98.2606883	12.927747	93.2478039	19.5100962	
0010-Sample1	0.0353808	3.1389719	121.641091	197.65648	0.6141666	0.9914559	0.01532602	12.9140464	0.64165629	0.04201846	14.8345937	96.0761353	11.9216444	88.9312017	90.57062	95.510335	96.0761353	11.9216444	88.9312017	90.57062	
0011-Sample1	0.02619647	2.5783766	65.8181937	175.91248	0.48422904	0.99815068	0.027632462	0.014700002	0.6064297	0.04201846	14.8345937	96.0761353	11.9216444	88.9312017	90.57062	95.510335	96.0761353	11.9216444	88.9312017	90.57062	