

MONZOGRANITO DE RIONEGRO

» **Cordillera Oriental**
Departamentos de Santander y Norte de Santander

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

Catálogo de las unidades litoestratigráficas de Colombia / Triásico-Jurásico

Citación: Arango, M. I., Rodríguez, G., Zapata, G. y Correa Martínez, A. M. (2020). Monzogranito de Rionegro. En *Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia: Macizo de Santander*. Vol. 1. Servicio Geológico Colombiano. <https://doi.org/10.32685/9789585279445.5>

1. Origen del nombre, distribución geográfica y reseña histórica

El nombre de este cuerpo ígneo plutónico deriva de su composición modal dominante y de su localización geográfica cerca del municipio de Rionegro (Santander).

1.1. Distribución geográfica

El Monzogranito de Rionegro tiene un área total aproximada de 1.445 km² y está situado entre las planchas 86, 97 y 109. Es un cuerpo de forma alargada que se extiende en sentido NNW-SSE desde el flanco occidental de la cordillera Oriental, sobre los departamentos de Santander y Norte de Santander. Su parte más angosta se encuentra hacia el sur en la plancha 109 (1,8 km) y se amplía hasta 17,13 km hacia el norte de la plancha 97.

Por su parte, el cuerpo de granodiorita que fue cartografiado como una unidad aparte en la Plancha 109 (Ward *et al.*, 1973), aflora en cercanías del municipio de Rionegro, en el extremo sur del Monzogranito de Rionegro, tiene un área de 36 km² y se encuentra en la carretera que comunica el municipio de Rionegro con Santa Cruz. El cuerpo intrusivo tiene forma irregular alargada en sentido NE-SW (Ward *et al.*, 1973).

El Monzogranito de Rionegro se encuentra limitado hacia el occidente por la falla de Bucaramanga, en contacto con la Formación Bocas y la Formación Girón. En cercanías del municipio de San Alberto se encuentra en contacto fallado e intrusivo con la unidad Ortoneis y con el Neis de Bucaramanga. Hacia el norte, el límite de la unidad es impreciso y ha sido incluido como parte del complejo extrusivo-intrusivo en la Plancha 76-Ocaña (Daconte y Salinas, 1980).

De acuerdo con la cartografía existente, el límite oriental del Monzogranito de Rionegro intruye la Formación Silgará y el Monzogranito de Cáchira, y en algunos sectores está limitado por la falla Veguitas y las fallas satélites de la falla de Cáchira.

Trabajos de campo, junto con análisis petrográficos y geocronológicos durante la ejecución del Proyecto Magmatismo Jurásico de Santander, permitieron delimitar el Monzogranito de Rionegro en su borde oriental, con una extensión menor que la presentada en las planchas 86 y 97, en las que aparece como parte de este cuerpo intrusivo otro cuerpo que denominamos *Monzogranito de*

Cáchira (figura 1), que presentó una edad U/Pb en circones del Paleozoico, diferencias geoquímicas, textura granoblástica con contenidos mayores de moscovita y diques pegmatíticos de cuarzo y moscovita.

1.1. Reseña histórica

Esta unidad ha sido nombrada por Ward *et al.* (1973), teniendo en cuenta su diversidad litológica y su amplia distribución geográfica entre las planchas geológicas 86 (Ábrego), 97 (Cáchira) y 109 (Rionegro), *Batolito de Rionegro*, y está situada hacia el este del municipio de Rionegro, de donde toma su nombre en la plancha 109. En el norte, en cercanías del municipio de Ocaña, Arias y Vargas (1978) la nombraron *Batolito de Ocaña*, refiriéndose así a un conjunto de rocas intrusivas con similitudes composicionales al Batolito de Rionegro, junto con rocas extrusivas de composición riolítica, sin precisar límites cartográficos entre estas unidades.

Ward *et al.* (1973) definieron y separaron dos facies del Batolito de Rionegro: una facies principal de cuarzo-monzonita (equivale a monzogranitos) localizada hacia el norte del municipio de Rionegro, en cercanías de la localidad de La Reforma; esta se extiende hacia el norte hasta el límite de las planchas 86 y 76, donde es cartografiada como *complejo intrusivo-extrusivo* (Daconte y Salinas, 1980). Posteriormente, esta facies es denominada *unidad cuarzomonzonita* (Arias y Vargas, 1978; Arias y Morales, 2003); *unidad intrusiva cuarzomonzonita* (Clavijo, 1994) y *cuarzomonzonita-granito* (Royero y Clavijo, 2001). En el empalme entre las planchas 97 (Cáchira) y 98 (Durania) no hay continuidad en la nomenclatura cartográfica del batolito, por lo que Fuquen *et al.*, (2010), denominan el cuerpo intrusivo localizado al oeste de la plancha de Durania como *Granito de Arboledas*.

Subordinadamente, la facies granodiorítica está asociada en la literatura con la unidad granodiorita y granodiorita biotítica, que inicialmente correspondía a dos cuerpos: el primero de ellos, en la Plancha 86 (Arias y

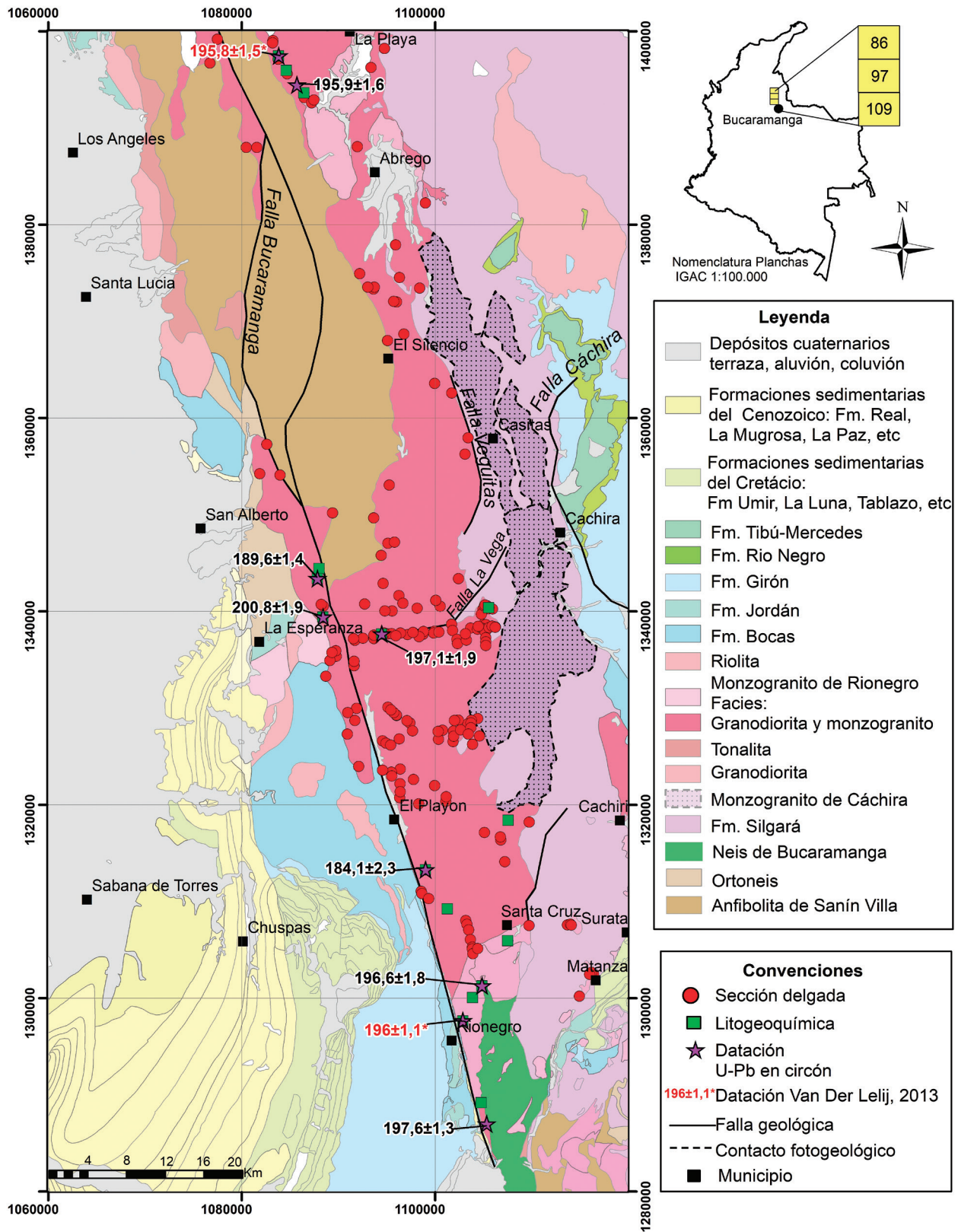


Figura 1. Localización de afloramientos del Monzogranito de Rionegro

Fuente: modificado a partir de Ward *et al.* (1973), Arias y Vargas (1978), Daconte y Salinas (1980), Arias y Morales (2003), Clavijo (1994) y Royero y Clavijo (2001) y este trabajo

Vargas, 1978), y el otro, ubicado en la Plancha 109 (Ward *et al.*, 1973).

Según Arias y Vargas (1978), estos dos cuerpos granodioríticos presentan similitudes entre sí; sin embargo, una edad reportada por Van der Lelij (2013) de $443,4 \pm 3,2$ Ma, U-Pb en circones para la unidad que aflora en la plancha 86 indica que se trata de un plutón diferente del Batolito de Rionegro y de la facies granodiorita que aflora al sur de este, localizada en cercanías del municipio de Rionegro y la población de Santa Cruz, en la Plancha 109 (Ward *et al.*, 1973) (figura 1). La granodiorita que aflora en los alrededores de Rionegro debe ser tratada como una unidad aparte del Monzogranito de Rionegro, de acuerdo con la edad U/Pb en circones obtenida en este proyecto, de $214,5 \pm 2,7$ Ma, pues es anterior a la cristalización de las rocas del Monzogranito de Rionegro.

2. Descripción geológica

2.1. Marco geológico

El Macizo de Santander hace parte de un bloque regional de forma triangular conformado por las fallas de Santa Marta-Bucaramanga, al occidente, la falla de Oca-Ancón, al norte, y la falla de Boconó, en el lado oriental.

Las rocas más antiguas del Macizo de Santander comprenden unidades metamórficas como el Neis de Bucaramanga (Ward *et al.*, 1973), denominado también *complejo Bucaramanga* (Clavijo, 1994). El Neis de Bucaramanga consiste de paragneises migmatíticos de alto grado considerados de edad Proterozoica, con un pico de metamorfismo de edad 1057 ± 28 Ma (U/Pb-SHRIMP en circón), relacionado con la orogenia grenvilliana (Goldsmith *et al.*, 1971; Restrepo Pace *et al.*, 1997; García y Ríos, 1999; Cordani *et al.*, 2005; Ordóñez Cardona *et al.*, 2006).

Edades publicadas por Van der Lelij (2013) y obtenidas durante el desarrollo del proyecto Magmatismo Jurásico del Macizo de Santander en unidades cartografiadas como el Neis de Bucaramanga y el Ortoneis por el método U-Pb LA-ICP-MS (*laser ablation inductively-coupled plasma mass spectrometry*—ablación láser inductivamente acoplada con un espectrómetro de masas con fuente de plasma—) en circones, arrojaron edades de metamorfismo y cristalización del Ordovícico.

El Neis de Bucaramanga subyace a la Formación Silgará, constituida por esquistos, filitas, metalodolitas, metaareniscas y escasos mármoles, y hace parte del basa-

mento del Macizo de Santander (Ward *et al.*, 1973; García y Ríos, 1999; Ríos *et al.*, 2003; Mantilla *et al.*, 2013; Mantilla *et al.*, 2016). Presenta edades de metamorfismo del Ordovícico Inferior-Medio relacionadas con la orogenia caledoniana (Ríos *et al.*, 2003; Ordóñez Cardona *et al.*, 2006; Clavijo *et al.*, 2008; Mantilla *et al.*, 2013).

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

Los plutones triásico-jurásicos del Macizo de Santander se consideraron emplazados en rocas metamórficas del Terreno Chibcha, de acuerdo con Restrepo y Toussaint (1988) y Restrepo *et al.*, (2011), o del terreno Santander, según Etayo *et al.* (1985). Estos plutones están emplazados en rocas metamórficas ordovícicas relacionadas con la orogenia famatiniana, y probablemente no tienen relación con el arco continental más joven, Jurásico temprano a Medio, del Valle Superior del Magdalena, la serranía de San Lucas y la Sierra Nevada de Santa Marta, emplazado en basamento metamórfico grenvilliano, y donde no se han reportado rocas metamórficas relacionadas con la orogenia famatiniana.

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

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

2.1. Características macroscópicas

Arias y Vargas (1978) describen la composición principal del Batolito de Rionegro como cuarzomonzonita, con un predominio de biotita y variaciones locales a granito, granodiorita y, en menor proporción, a tonalita. De acuerdo con Ward *et al.* (1973), la litología principal es leucocrática de color rosado a gris claro, con un índice de color de 15 a 20%, y presenta texturas equigranulares

a subporfíricas con tamaño de grano medio. Estos autores indican variaciones litológicas, cerca de los bordes en contactos con la Formación Silgará, a un granito de color blanco a rosado.

A nivel macroscópico, según Daconte y Salinas (1980), las rocas intrusivas del Batolito de Ocaña exhiben una textura que varía de grano fino a grueso, con predominio del grano medio y escasas zonas pegmatíticas. Son rocas claras compuestas por feldespato rosado, cuarzo, plagioclasa y, en menor proporción, algún ferromagnesiano (biotita, clorita). La composición varía de granito a cuarzomonzonita.

El Monzogranito de Rionegro está compuesto por cristales subhedrales de plagioclasa, cristales de cuarzo anhedrales y feldespato que puede variar en su contenido a cristales anhedrales de tonalidad rosada. El mineral

máfico que predomina es la biotita en láminas de color negro y, en menor proporción, cristales de hornblenda.

Macroscópicamente, las granodioritas corresponden a rocas faneríticas de color gris a gris verdoso, con tamaño de grano medio a ligeramente inequigranular y textura subporfírica. Están compuestas por cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico como minerales principales y biotita sectorizada. Se encuentran intruyendo la Formación Silgará; hacia el sur subyacen la Formación Girón y la Formación El Diamante (Arias y Vargas, 1978). Diques de cuarzomonzonita son abundantes en el norte del Monzogranito de Rionegro, al este de Bucaramanga. Sin embargo, diques y masas pequeñas están distribuidos en toda el área de afloramiento. En el Monzogranito de Rionegro son comunes los diques de composición félsica (riolitas, dacitas y aplitas) y máfica (andesitas,

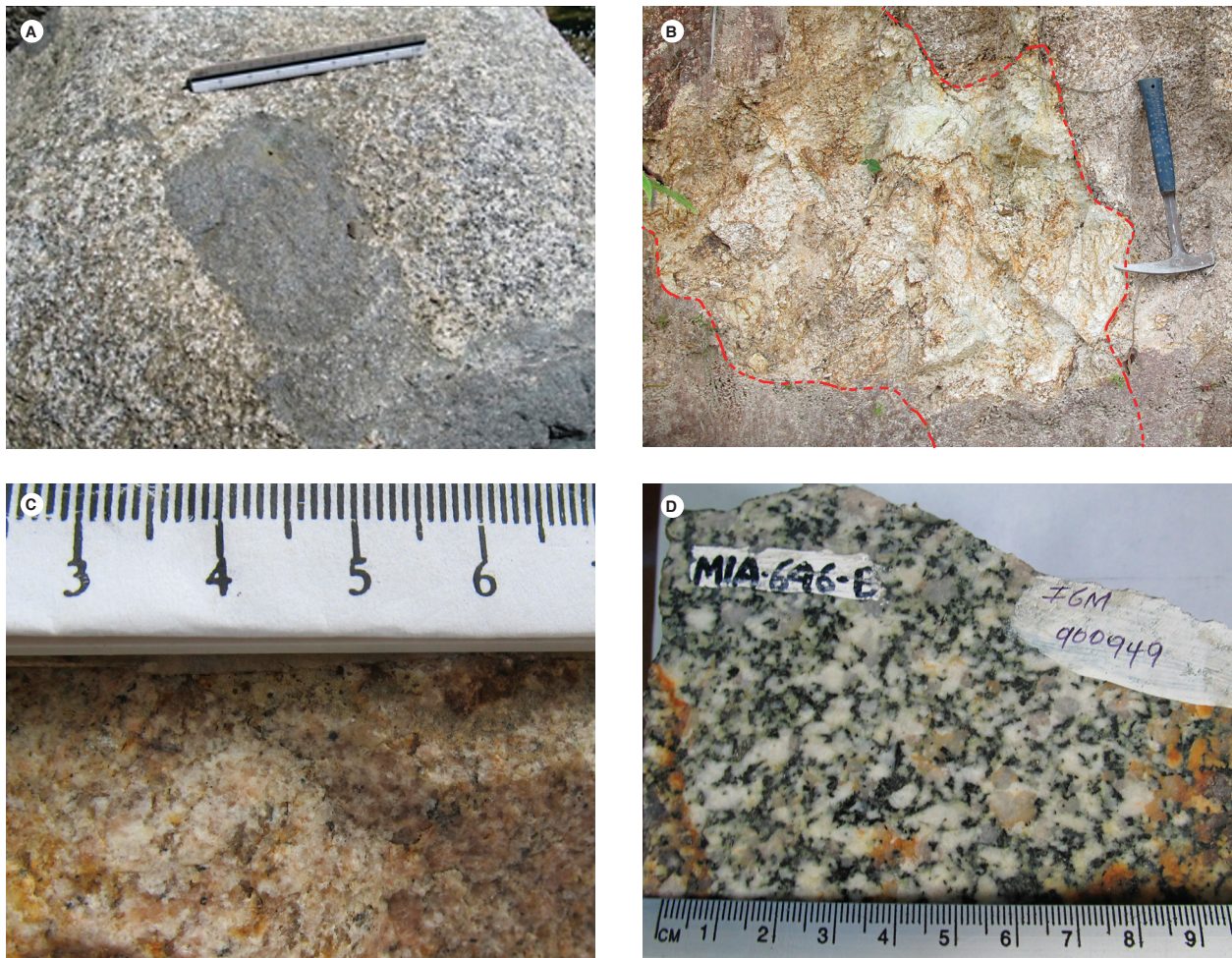


Figura 2. Aspecto macroscópico de rocas del Monzogranito de Rionegro. A) Enclave máfico en monzogranito. B) Saprolito de roca cortado por un dique félsico, GZ-6842. C) Monzogranito, IGM-900894. D) Granodiorita, IGM-900949

microdioritas), con espesores decimétricos a centimétricos y con distribución irregular (figura 2). Asimismo, se presentan enclaves de composición básica diorítica, con bordes irregulares, netos a difusos, de tamaños que varían entre 5 y 20 cm, compuestos por cristales finogranulares de biotita y plagioclasa.

En algunos sectores el cuerpo ígneo se encuentra meteorizado, y expone un saprolito de color crema, blanco a blanco amarillento, con textura granular gruesa, en el que se conservan cristales frescos de cuarzo y láminas lixiviadas de biotita.

Hacia el sector centro-occidental del plutón, en la vía que comunica los municipios de El Playón y San Alberto, en el cauce del río Cáchira y en la vereda Pueblo Nuevo se observan intrusiones locales del Monzogranito de Rionegro en un cuerpo de composición diorítica (figura 3), a manera de brechas intrusivas con abundancia de cristales de feldespato potásico y texturas pegmatíticas.

2.3. Características microscópicas

La descripción petrográfica del cuerpo principal, cuerpos menores asociados y diques se hace a partir del análisis de quince muestras de roca tomadas en este es-

tudio. Además, se realizó la compilación y el análisis de 159 secciones delgadas existentes de estudios cartográficos anteriores (anexo 1).

Litológicamente predominan los monzogranitos, seguidos de sienogranitos, granodioritas, cuarzosenitas, tonalitas, cuarzomonzonitas, monzonitas y cuarzodioritas (figura 4). No hay una clara distribución espacial de los diferentes tipos de rocas en la unidad; por el contrario, se presentan dispersas a lo largo del cuerpo.

De acuerdo con Ward *et al.* (1973), el Batolito de Rionegro presenta textura general hipidiomorfa dada por una mineralogía principal de cuarzo (25 a 35%), oligoclasa subhedral (25 a 45%), microclina y micropertitas (20 a 40%) y biotita (1 a 10%). Como minerales accesorios se presentan circón, titanita, allanita, apatito y óxidos de hierro; como minerales de alteración tiene clorita, epidota y sericita.

Las granodioritas presentan una textura hipidiomorfa y están compuestas por plagioclasa, cuarzo, feldespato y biotita (Ward *et al.*, 1973). Como minerales accesorios presentan titanita, apatito, allanita, magnetita y escaso circón y sericita. Clorita, productos arcillosos, calcita y epidota están presentes como minerales secundarios de alteración.

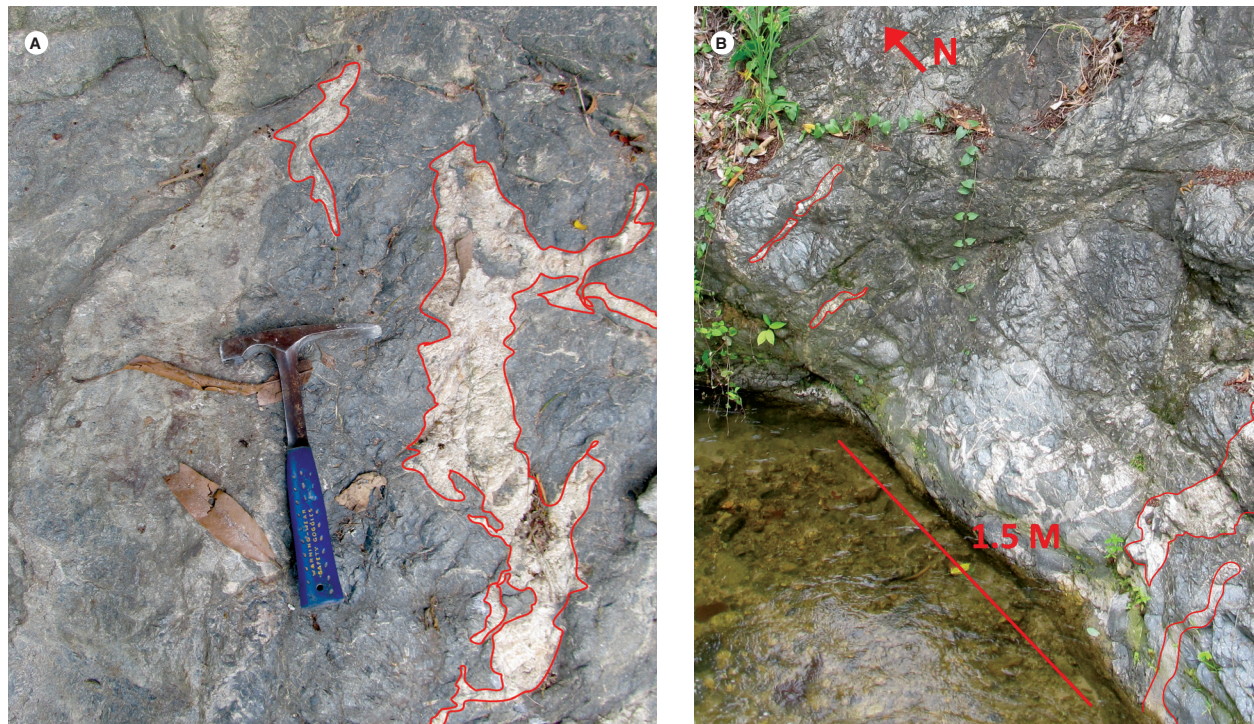


Figura 3. Intrusiones del Monzogranito de Rionegro en cuerpos de diorita en el borde occidental del plutón. A) TCR-387. B) Río Cáchira, estación TCR-387

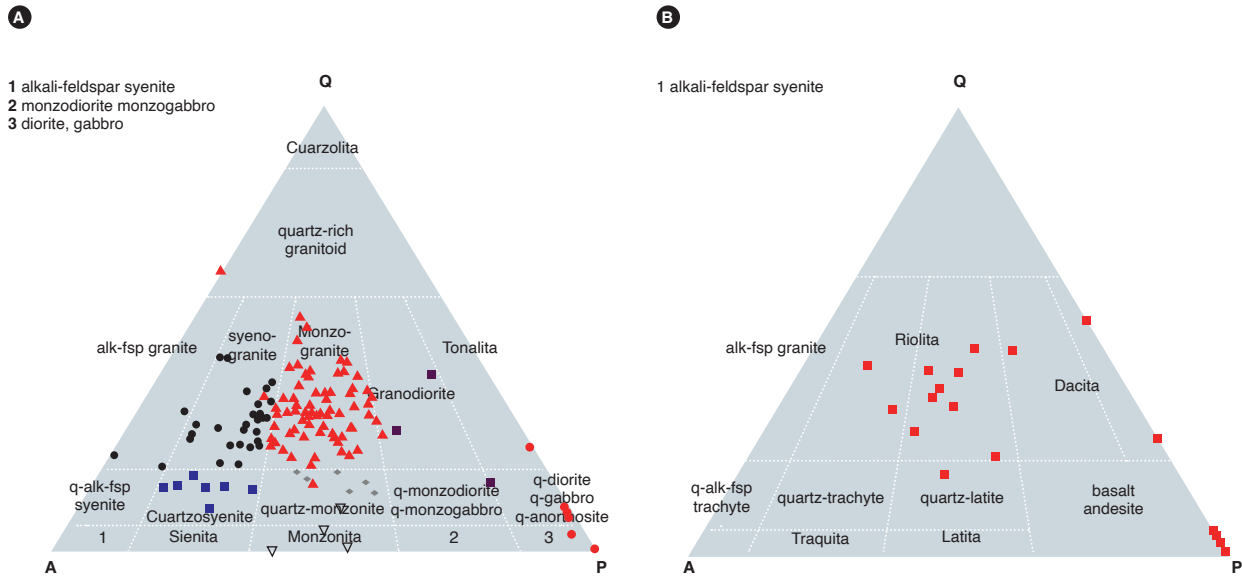


Figura 4. Composición modal del Monzogranito de Rionegro utilizando los diagramas de Streckeisen (1976, 1978). A) Distribución de rocas del Monzogranito de Rionegro en los campos de las rocas ígneas intrusivas, separando las muestras por color y símbolo según la clasificación. B) Composición modal de diques

De acuerdo con Daconte y Salinas (1980), las rocas del Batolito de Ocaña tienen texturas pertítica, hipidiomorfa a alotriomorfa y poiquilítica, con evidencias de cataclasis. Su composición incluye feldespato potásico (30 a 40%) en cristales anhedrales con textura pertítica, a veces alterados a caolinita. La plagioclasa (30 a 40%) varía de Ab_{70} a An_{30} , con maclas de albita y periclina. Algunos cristales presentan zonación. El cuarzo (20 a 30%) se observa en cristales anhedrales con extinción débilmente ondulatoria y con inclusiones de plagioclasa y moscovita, a veces recrystalizado. Los minerales accesorios son biotita, moscovita, magnetita y titanita. La moscovita es abundante en los contactos con la Formación Silgará.

El Monzogranito de Rionegro presenta una textura general alotriomorfa granular a hipidiomorfa, y comúnmente desarrolla texturas de intercrecimiento que varían entre mirmequíticas, micrográficas y simplectíticas (figura 5). De manera sectorizada se presentan texturas porfíricas y granoblásticas a ligeramente orientadas; estas últimas evidencian sobreimpresión de un metamorfismo dinámico asociado con el sistema de fallas de Bucaramanga y fallas menores.

Los monzogranitos se constituyen de cuarzo entre 20 y 54,3%, plagioclasa entre 8,5 y 47,9% y feldespato potásico, que varía entre 22,2 y 65%. El mineral máfico que más abunda es la biotita, que fluctúa entre 0,5 y 10%,

seguido de hornblenda en contenidos traza a 3,1%; como minerales accesorios exhibe opacos (desde contenidos traza a 2%), moscovita (menor de 1%), titanita (hasta un 2%), circón (hasta el 0,5%) y apatito (0,5%).

Los sienogranitos y cuarzo-sienogranitos presentan cantidades de cuarzo entre 15 y 45,1%, plagioclasa entre el 6,9 y 22,9%, y contenidos de feldespato potásico entre el 41 y el 70%. Al igual que en los monzogranitos, el mineral máfico que predomina es la biotita, entre 0,5 y 7%; como minerales accesorios, estas rocas tienen moscovita en cantidades menores del 1%; en particular, en la roca IGM-10981 se encuentra granate en contenidos traza, opacos entre 0,1 y 2%, apatito en cantidades menores de 0,2%, circón entre el 0,2 y el 0,7%, titanita entre 0,2 y 0,5%, y allanita en un 0,5%.

Las monzonitas se componen de cuarzo entre un 0,7 y 8%, plagioclasa en un 35 a 40,5%, y feldespato potásico entre 30 y 53,5%. Como minerales máficos aparecen trazas de biotita y hornblenda; los minerales opacos alcanzan el 1%. Presentan apatito y circón en cantidades trazas y titanita hasta en un 3%.

Las granodioritas tienen contenidos modales de cuarzo entre 4,5 y 36,5%, plagioclasa entre el 29 y 62,5% y feldespato potásico entre 9,7 y 25%. Se reporta la biotita como mineral máfico más común entre un 1 y 14,3%. Por el contrario, la hornblenda es escasa y alcanza el 1%,

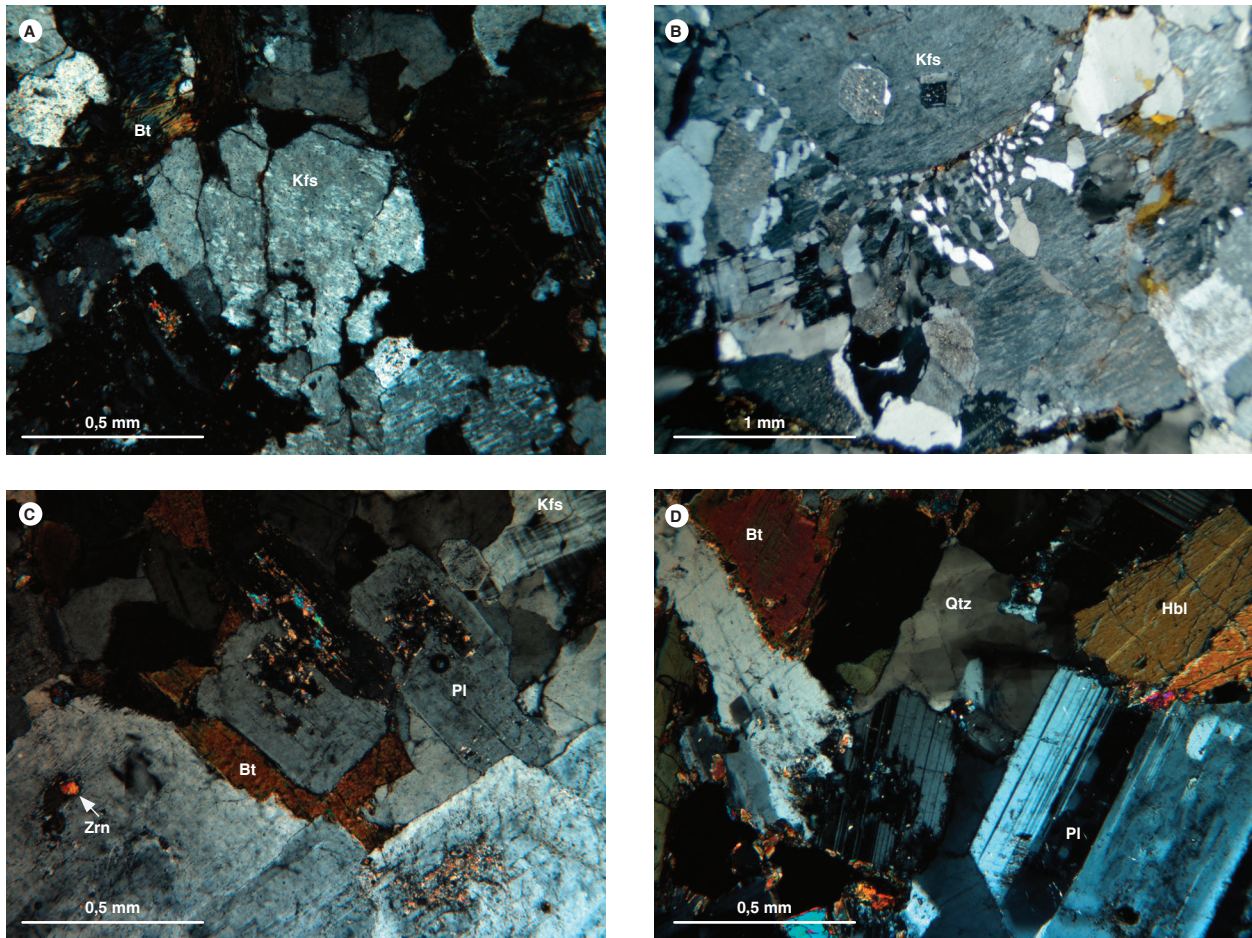


Figura 5. Texturas principales del Monzogranito de Rionegro (en nícoles cruzados). A) Pertitas en granodiorita, IGM-900985. B) Mirmequítica y pertítica en sienogranito, IGM-900950. C) Hipidiomorfa en granodiorita, IGM-901028. D) Hipidiomorfa en tonalita, IGM-31180

excepto en la roca IGM-90999, que tiene un contenido alto (29%) y es clasificada como granodiorita con hornblenda. Estas rocas pueden presentar contenidos traza de moscovita, los opacos alcanzan en ellas hasta el 1%; otros minerales accesorios, como el apatito y el circón, están en un 2% cada uno, y la titanita hasta en un 4,5%.

Pocas rocas se clasifican como tonalitas, y las que lo hacen presentan cantidades de cuarzo entre el 21 y el 37,2%, plagioclasa entre el 41 y el 54,5%, y proporciones bajas de feldespato potásico, entre 0,8 y 4,5%. La biotita aparece entre el 7,3 y 23%, mientras que las cantidades de hornblenda oscilan del 9 al 12%. Los minerales accesorios están en un 1% y corresponden a opacos, apatitos y circón, mientras que la titanita está entre un 0,2 y 2%.

Las dioritas tienen una composición mineralógica de cuarzo entre 1,1 y 10%, plagioclasa entre el 23,8 y 68%, y escaso feldespato potásico (1%). Algunas rocas presentan cantidades de piroxeno (clinopiroxeno entre 11% y

15%, y ortopiroxeno en 23,6%), hornblenda entre 12 y 35%, y biotita entre el 9 y el 13%. Una roca de composición gabroica (IGM-31146) es clasificada como gabrorita piroxeno-hornbléndica, contiene clinopiroxeno augita en cantidades de 23,6%, hornblenda en un 26,4%, plagioclasa en 36,9% y cantidades menores de cuarzo (1,1%) y feldespato (0,6%) (figura 6). El Monzogranito de Rionegro se caracteriza petrográficamente por contener cristales de cuarzo de formas xenomorfas, incoloros, con bordes irregulares y de aspecto limpio, con color de interferencia blanco del primer orden. Tienen extinción ondulatoria, inclusiones microcristalinas a manera de líneas e inclusiones de plagioclasa y feldespato, aparecen en tamaños de 0,4 a 1,5 mm.

En granodioritas, monzogranitos, sienogranitos y tonalitas, la plagioclasa es de tipo andesina, y varía entre An_{34} y An_{36} ; solo en una roca clasificada como monzogranito (IGM-900997), la plagioclasa es de tipo oligoclasa

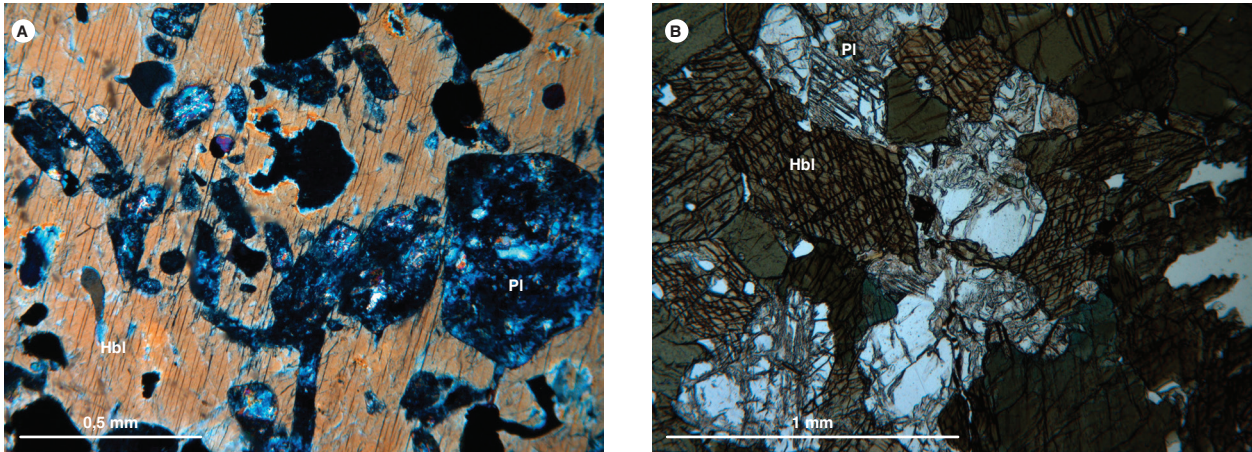


Figura 6. Litología inusual asociada con el Monzogranito de Rionegro. A) Gabronorita hornbléndice, IGM-31146. B) Diorita hornbléndice, IGM-31183

(An_{26}). En general, se presenta en cristales subidiomorfos tabulares con caras rectas a irregulares, por estar intercrecidos con cristales de feldespato y cuarzo. La plagioclasa se encuentra alterada moderadamente a sericita y saussurita, muestran maclas tipo albita y Carlsbad, zonaciones normales en las que los núcleos de los cristales se encuentran más alterados, en tamaños que varían de 0,7 a 2,5 mm; además, muestra inclusiones de hornblenda, biotita, circón, cuarzo, apatito, feldespato, titanita y opacos.

El feldespato potásico es principalmente ortosa, que en ocasiones pasa a microclina. Se presenta en cristales xenomorfos, incoloros, moderadamente alterados a caolín, con maclas incompletas en forma de parrilla y texturas pertíticas dada en parches y filoncillos de plagioclasa, además de textura poiquilítica dada por inclusiones de biotita, circón, opacos. Se presenta en tamaños que varían de 0,3 a 2,8 mm.

El mineral máfico que más abunda es la biotita, presente en láminas subidiomorfas tabulares de tamaños que fluctúan entre 0,8 y 2,6 mm, de color castaño, pleocroicas X: verde amarillento, Y: pardo, y con birrefringencia del segundo orden, que exhibe colores de castaño a verde fuerte. Los cristales muestran extinción moteada, una dirección de clivaje en la que se hospedan agregados de titanita y magnetita residual. Son frecuentes las inclusiones de circón, apatito, opacos y titanita. Algunas láminas están alteradas moderadamente a clorita en agregados laminares de color verde claro y colores de interferencia púrpura a azul del segundo orden, y a epidota en agregados granulares verde amarillento de relieve alto y birrefringencia fuerte.

La hornblenda es escasa, se presenta en cristales subidiomórficos prismáticos, de colores verde claro, verde oscuro y verde amarillento. Tiene pleocroísmo y un relieve moderado, birrefringencia amarilla pálida de primer orden. Tiene dos direcciones de exfoliación a 54° y ángulo de extinción de 12° , cristales en tamaños de 0,5 a 2 mm. Algunos cristales exhiben maclas polisintéticas. Presenta inclusiones de apatito y cuarzo, con opacos asociados y una leve alteración a epidota.

En las granodioritas aparecen esporádicamente núcleos de clinopiroxeno en hornblendas. El clinopiroxeno está en cristales xenomorfos, incoloros a amarillo pálido, birrefringencia fuerte de segundo orden con color de interferencia fucsia y alto relieve. Tiene un tamaño promedio de 0,5 mm y ángulo de extinción de 45° .

Como mineral accesorio se presenta la moscovita en cantidades menores del 1%, en láminas subhedrales, incoloras, con birrefringencia alta y colores de interferencia azul a roja del segundo orden. Se encuentra asociada a láminas de biotita en tamaños de 0,3 a 0,5 mm.

Los minerales opacos son subidiomorfos, isotrópicos, con un tamaño promedio de 0,3 mm, intersticiales, y se presentan como inclusiones en plagioclasa, cuarzo y ortosa. En luz reflejada se observan cristales correspondientes a pirita de color amarillo pálido, microfracturados, con superficies lisas; tienen inclusiones finas de calcopirita de color amarillo más intenso. Otros opacos corresponden a magnetita en cristales de color gris, con reflectancia baja; presentan texturas porosas.

La titanita se presenta en cristales intersticiales xenomorfos de color pardo, pleocroicos en tono castaño

claro a medio. El color del mineral enmascara el color de interferencia del tercer orden. Aparece en tamaño de 0,2 mm asociada con los opacos.

Se presentan contenidos traza de allanita en cristales subidiomorfos de 0,5 a 1,3 mm, de color ocre, alto relieve, ligeramente pleocroicos y de color de interferencia castaño oscuro, que se encuentran asociados a epidota y clorita, y tienen inclusiones de opacos.

El circón se presenta en cristales incoloros con bordes ligeramente oscurecidos, subidiomorfos prismáticos alargados; algunos muestran microfracturas, con birrefringencia del fucsia al verde del tercer orden. Los cristales tienen tamaños de 0,05 a 0,2 mm y están asociados con opacos y biotitas.

El apatito se presenta como cristales de tamaños que varían entre 0,05 y 0,2 mm, subhexagonales, prismáticos e incoloros, y como inclusiones en biotita, hornblenda, cuarzo y plagioclasa.

El Monzogranito de Rionegro presenta rocas plutónicas afectadas por fases deformativas posteriores a su cristalización, asociadas a régimen dinámico frágil y que han sido clasificadas estructuralmente como cataclasi-

tas. Las cataclásitas se caracterizan por presentar porfiroclastos de cuarzo, plagioclasa y feldespato con tamaños entre 0,5 y 5,5 mm en una matriz cuarzofeldespática finogranular.

Otras rocas han sido clasificadas como granofels cuarzofeldespáticos y se asocian con xenolitos que posiblemente son del Monzogranito de Cáchira (figura 7). Los granofels presentan una textura general granoblástica y texturas mirmequíticas, pertíticas y micrográficas. Mineralógicamente presentan feldespato potásico, cuarzo, plagioclasa, hornblenda y biotita, y como minerales accesorios presentan circón, opacos, titanita y moscovita.

Rocas de dique. Corresponden a riolitas, monzogranitos andesitas, dacitas, microdioritas y cuarzolitas (tabla 1).

En general, las rocas de dique presentan textura holocristalina porfídica, y como texturas particulares, microcristalina, micrográfica e intersectal dada por microlitos de plagioclasa entrecruzados con cuarzo, hornblenda y opacos. Localmente tienen textura glomeroporfídica.

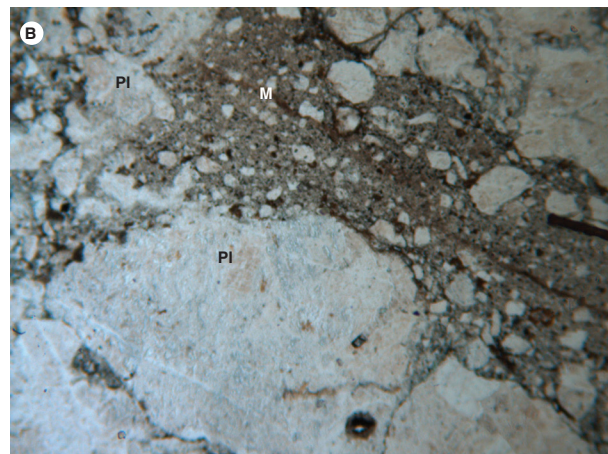
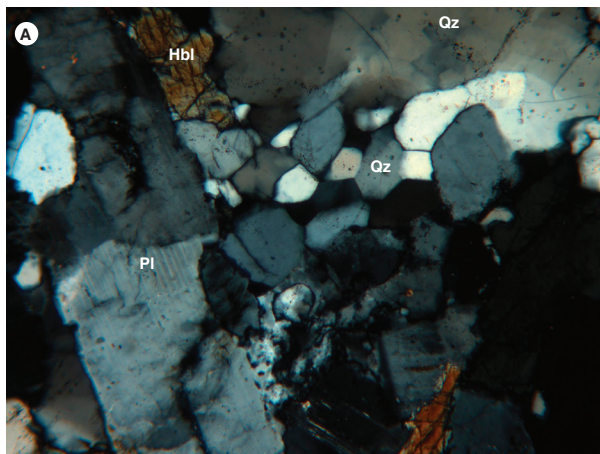


Figura 7. Aspecto microscópico de xenolitos dentro del Monzogranito de Rionegro. A) Textura granoblástica en granofels de cuarzo, feldespato y hornblenda, IGM-31178. B) Textura brechoide cataclástica (M: matriz), IGM-70839

Tabla 1. Composición modal de rocas de dique

| IGM | W | N | Qtz | Pl | Kfs | Hbl | Bt | Ms | Chl | Op | Ap | Zrn | Ttn | Ep | Matriz | Fenocristales | Clasificación |
|--------|---------|---------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------|---------------|------------------------|
| 11176 | 1115982 | 1302479 | 19,6 | 60,7 | | | | | 16 | 1,8 | | | | x | | | Andesita |
| 31145 | 1095735 | 1372096 | 1,8 | 93,6 | | | | | 1,7 | 2,9 | Tr | | Tr | | | | Andesita |
| 31182 | 1083973 | 1354129 | 0,4 | 8,3 | | | | | | | | | | | 91,3 | | Andesita porfídica |
| 11191 | 1109712 | 1307529 | 17,1 | 39,1 | 28 | | 3,6 | | | | | Tr | 1,2 | 11 | | | Andesita porfídica |
| 72061 | 1100082 | 1341159 | | 70 | | 30 | | | 5 | | | | | | | | Basalto andesítico |
| 74979 | 1093383 | 1396279 | 16 | 38 | 43 | | Tr | | | 1 | | | | | | | Cuarzolatita porfírica |
| 11175 | 1116182 | 1302679 | 39,5 | 34,9 | 16,3 | | 3,5 | 4,5 | | 1,4 | | | | x | | | Dacita |
| 900998 | 1087836 | 1343412 | | 47 | | 35 | 10 | | | 4 | 1 | Tr | 3 | x | | | Diorita |
| 900975 | 1086454 | 1393647 | 2,0 | 56,3 | | 34,4 | | | 1,3 | 6 | Tr | | Tr | | | | Microdiorita |
| 900986 | 1094480 | 1337675 | 5 | 5 | | | | | 50 | | | | | 40 | | | Microdiorita |
| 900906 | 1101270 | 1309253 | 38,6 | 30,6 | 30,8 | | Tr | | | Tr | | | | | | | Monzogranito |
| 900953 | 1107525 | 1305963 | 23,8 | 26,5 | 41,9 | | 6,1 | x | x | 1,2 | 0,5 | Tr | | x | | | Monzogranito |
| 900969 | 1107549 | 1318415 | 39,1 | 24,5 | 35,8 | | 0,7 | Tr | | Tr | Tr | Tr | | | | | Monzogranito |
| 901010 | 1099016 | 1313299 | 34,5 | 28,1 | 35,3 | | 1,1 | | | 1 | Tr | Tr | | | | | Monzogranito |
| 10871 | 1106762 | 1316699 | 31 | 33,1 | 35,3 | | 0,6 | | | Tr | Tr | Tr | Tr | | | | Riolita |
| 10978 | 1091977 | 1388082 | 33 | 28 | 38 | | | | | Tr | | Tr | | 1 | | | Riolita |
| 70862 | 1102317 | 1336679 | 43 | 30,5 | 24,5 | | 2 | | x | Tr | Tr | Tr | | | 50 | | Riolita |
| 900951 | 1104858 | 1301287 | 28,2 | 20,2 | 43,3 | | 4,6 | | x | 2,2 | 1,5 | Tr | Tr | x | | | Riolita porfídica |
| 74705 | 1094783 | 1398239 | 15,9 | 5,1 | 18,7 | | 0,3 | | x | | | | | | 60 | | Fenorriolita |

Riolitas, dacitas y cuarzolatitas. Corresponden a los cuerpos de diques más comunes que atraviesan el Monzogranito de Rionegro. Están constituidas por una matriz de entre el 50 y el 75%, y fenocristales entre el 25 y el 37%.

La matriz presenta una textura granular fina xenomorfa, con tamaños de cristal de 0,05 a 0,2 mm. Está constituida por intercrecimientos entre cuarzo de aspecto limpio que contrasta en el relieve, con feldespato (microclina y ortosa), y en menor proporción, con plagioclasa. Intersticialmente se encuentran láminas de biotita y opacos. Se presentan abundantes texturas micrográficas y mirmequíticas; también es común la textura de reabsorción de la matriz en fenocristales de cuarzo y plagioclasa (figura 8).

Los fenocristales se componen de cuarzo en contenidos de 15,9%, en cuarzolatitas, a 23% en riolitas y dacitas. Este mineral se manifiesta como cristales xenomorfos a subidiomorfos bipiramidales con caras cristalinas rectas, incoloros, de aspecto limpio, con extinción recta, algunos, microfracturados. Presentan texturas de reabsorción de la matriz y exhiben cristales de cuarzo con formas de bahía. Generan texturas micrográficas con el feldespato, con tamaños de 0,4 a 2 mm.

La plagioclasa está en cantidades de hasta 5,1% en cuarzolatitas, y hasta 37% en riolitas. Corresponde a Andesina (An_{34}) en cristales subidiomorfos, tabulares, incoloros con color de interferencia gris del primer or-

den. Presentan fuerte alteración a sericita, saussurita y epidota hacia el centro de los cristales. Exhiben zonación de tipo normal, pocos cristales con maclas tipo Carlsbad. Hacia los bordes de los cristales se desarrollan texturas mirmequíticas como entrecrecimientos alargados con cuarzo. Tienen inclusiones de opacos, cuarzo, apatitos y biotita con tamaños de 0,6 a 7 mm.

El feldespato se presenta en contenidos de 16,3 y 43,3%, tanto en fenocristales como en la matriz. Aparece en cristales xenomorfos, incoloros, frescos, y desarrolla maclas tipo Carlsbad y exsoluciones de plagioclasa, como pertitas en forma de hilillos, a mesopertitas. Algunos cristales están pasando a microclina con maclas incompletas tipo parrilla, o se presentan cristales zonados de tamaños entre 0,3 y 2,7 mm. Este mineral puede tener inclusiones de cuarzo y biotita.

La biotita se presenta en cantidades de hasta 4,6% en láminas subidiomorfas de color pardo, con pleocroísmo X: verde pálido, Y: pardo fuerte, y colores de interferencia azul a amarillo del segundo orden con extinción moteada, algunas alteradas a clorita de color verde oliva y epidotizadas. Presentan una dirección de clivaje paralelo al eje más largo del cristal, donde se hospedan agregados finos de titanita y opacos. Tiene inclusiones de circón y apatitos en tamaños de 0,5 a 1,2 mm.

Los minerales accesorios están en contenidos menores a 2,2%, siendo los minerales opacos los de mayor abundancia. Se presentan en cristales xenomorfos iso-

trópicos de tamaños de grano fino (0,01 mm) dispersos en la matriz; otros, de tamaños de 0,3 mm, con bordes rodeados por titanita, se encuentran junto a biotita. El circón está en cristales idiomorfos prismáticos alargados y cortos, incoloros, de relieve alto, con birrefringencia fuerte del tercer orden, con colores de interferencia que van de fucsia a azul, y extinción paralela. Cristales microfracturados con tamaños de 0,1 mm se presentan en la matriz junto a opacos y como inclusiones en biotitas.

Cristales de apatito se encuentran en tamaños que varían de 0,05 a 0,1 mm haciendo parte de la matriz y como inclusiones en biotitas. Son incoloros subidiomorfos con color de interferencia gris del primer orden, relieve alto y extinción recta. La titanita aparece en agregados xenomorfos finos de color pardo, rodeando los opacos y las biotitas.

Se presenta epidota como producto de alteración de plagioclasa y biotita en cristales xenomorfos de tamaños entre 0,05 y 0,2 mm, de color verde pálido, colores de

interferencia entre amarillo y fucsia, del tercer orden. La allanita se manifiesta en cristales subidiomorfos tabulares de color pardo rojizo, fuertemente pleocroicos X: pardo rojizo, Y: pardo pálido, color de interferencia verde del tercer orden, y extinción recta. Su tamaño promedio es de 0,3 mm y presenta inclusiones de opacos y microfracturas.

Andesitas y microdioritas. Están compuestas por microcristales y microlitos de plagioclasa subidiomorfa, hornblenda en cristales subidiomorfos y cuarzo en cristales xenomorfos. En menor proporción, estos minerales aparecen en microfenocristales (figura 9). Presentan una matriz que varía entre el 50 y el 91,3% del total de la roca.

Los microcristales se componen de plagioclasa en un 5 y 93,6%, alterado a sericita-saussurita, que enmascaran las propiedades ópticas del mineral. Tienen tamaños menores de 0,5 mm y están en disposición entrecruzada con anfíbol y cuarzo intergranular.

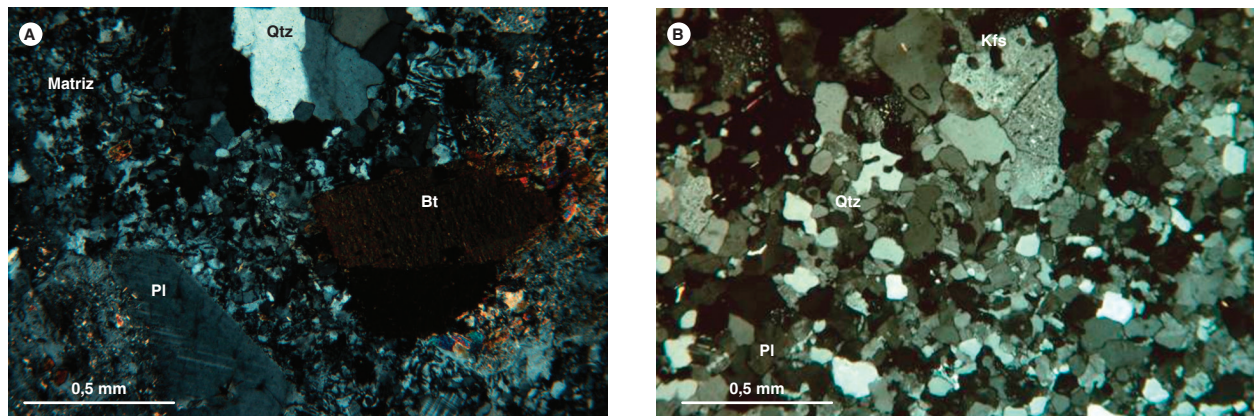


Figura 8. Diques de composición ácida en el Monzogranito de Rionegro. A) Riolita porfídica, IGM-900951. B) Dacita, IGM-11175

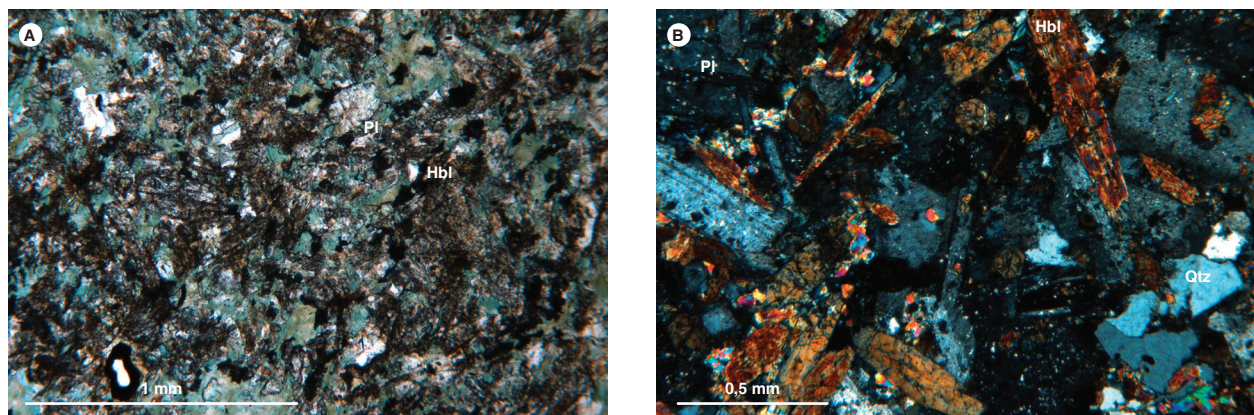


Figura 9. Diques básicos que atraviesan el Monzogranito de Rionegro. A) Microdiorita con alteración propilítica, IGM-900986. B) Microdiorita, IGM-900975

3. Química mineral

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

Se realizaron análisis de química mineral del Monzogranito de Rionegro en las rocas 900952

(MIA-648B)-granodiorita y 900969 (GR-6736)-monzogranito. En la muestra 900952 (MIA-648B) se analizaron cristales de plagioclasa, feldespato, biotita y pirita, mientras que en la roca 900969 (GR-6736) se midieron composiciones de plagioclasa, feldespato, biotita, ilmenita y magnetita.

3.1. Feldespato potásico

En las imágenes de electrones retrodispersados, los feldespatos de ambas muestras exhiben texturas pertíticas en formas de lamelas, mientras que los cristales de plagioclasa muestran superficies moderadamente alteradas a finas láminas de mayor luminiscencia (figura 10).

Al graficar los resultados de los análisis de feldespato (tabla 2), en el diagrama de Smith y Brown (1988) estos resultan ser ortosa (Or) en cantidades que varían entre 90,03 y 94,22% mol, que se clasificaría en el campo de la ortosa pertítica (figura 11) y en albita (Ab) entre 5,72 y 9,96%.

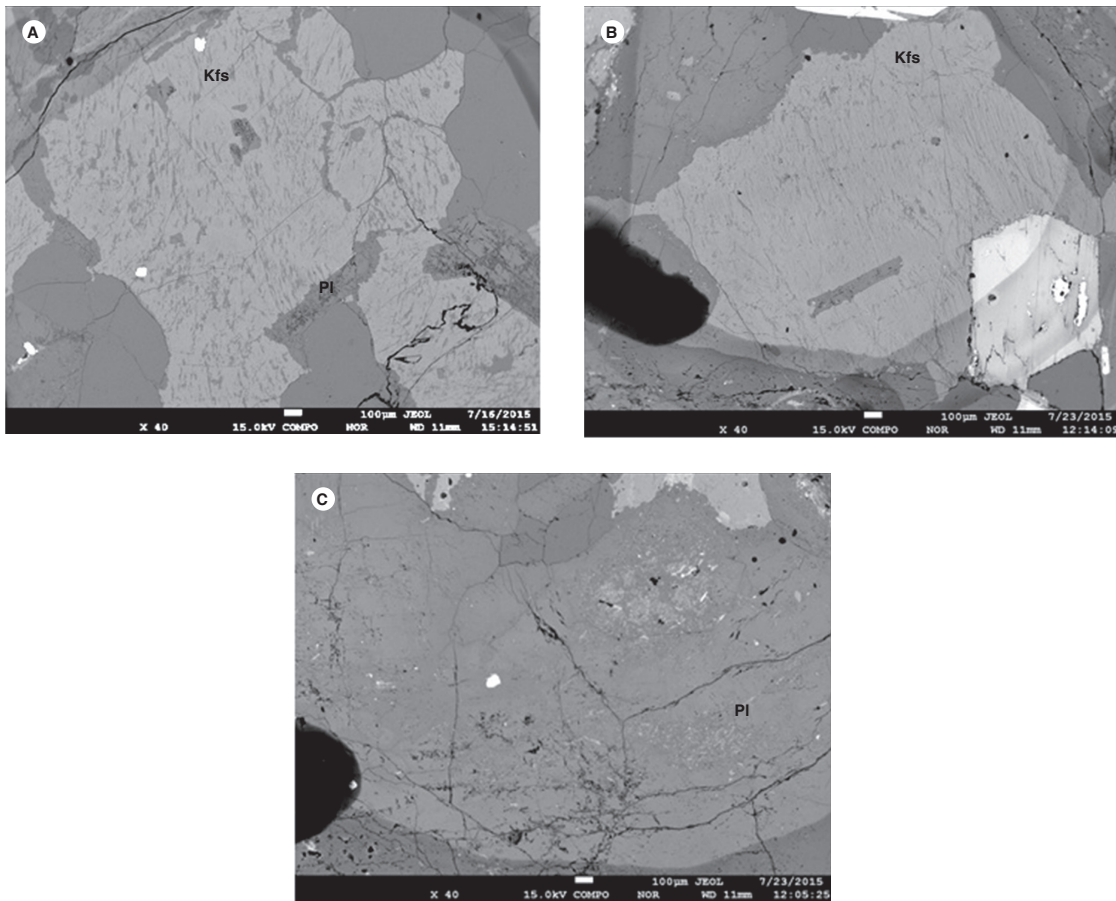


Figura 10. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a feldespato y plagioclasa. A) Feldespato potásico y plagioclasa en el campo de análisis C2 en la muestra GR-6736. B) Feldespato potásico en el campo de análisis C2 en la muestra MIA-648B. C) Plagioclasa en el campo C7 en la muestra MIA-648B

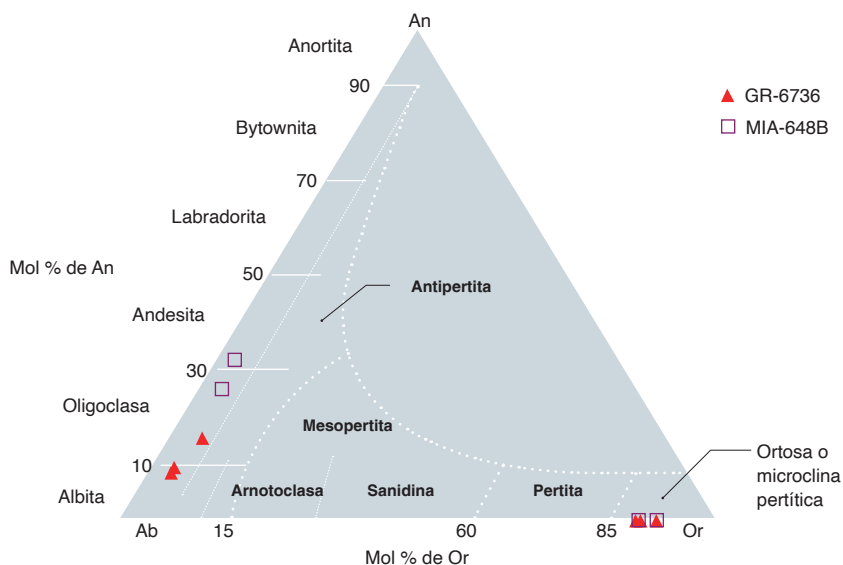


Figura 11. Análisis de microsonda electrónica correspondiente a las plagioclasas y los feldespatos del Monzogranito de Rionegro, graficados en el diagrama de Smith y Brown (1988)

Tabla 2. Análisis de microsonda electrónica correspondiente a las ortoclasas del Monzogranito de Rionegro

| Punto analizado | GR-6736-C2-Kfs-1 | GR-6736-C2-Kfs-2 | GR-6736-C2-Kfs-3 | GR-6736-C2-Kfs-4 | MIA-648B-C2-Kfs-2 | MIA-648B-C2-Kfs-3 |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| SiO ₂ | 65,67 | 65,17 | 65,37 | 65,35 | 64,72 | 64,61 |
| TiO ₂ | 0,01 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0 |
| Al ₂ O ₃ | 18,43 | 18,49 | 18,67 | 18,59 | 18,33 | 18,36 |
| FeO | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,08 | 0,09 | 0,10 |
| MgO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CaO | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| Na ₂ O | 1,11 | 0,63 | 1,03 | 0,66 | 0,66 | 1,06 |
| K ₂ O | 15,20 | 15,76 | 15,30 | 15,80 | 16,00 | 15,17 |
| Total (% masa) | 100,46 | 100,13 | 100,41 | 100,48 | 99,79 | 99,29 |
| Si | 12,026 | 12,001 | 11,985 | 11,994 | 11,988 | 11,989 |
| Al | 3,977 | 4,012 | 4,034 | 4,021 | 4,002 | 4,015 |
| Fe | 0,002 | 0,003 | 0 | 0,001 | 0 | 0 |
| Ti | 0,004 | 0,006 | 0,003 | 0,008 | 0,009 | 0,011 |
| Mg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Na | 0,393 | 0,225 | 0,367 | 0,234 | 0,236 | 0,380 |
| Ca | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0 | 0 | 0 |
| K | 3,551 | 3,702 | 3,578 | 3,698 | 3,780 | 3,591 |
| Total (cat) | 19,953 | 19,951 | 19,969 | 19,956 | 20,015 | 19,984 |
| O | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Z | 16,01 | 16,02 | 16,02 | 16,02 | 15,99 | 16,00 |
| X | 3,95 | 3,93 | 3,95 | 3,94 | 4,03 | 3,98 |
| Or | 90,03 | 94,22 | 90,65 | 94,05 | 94,12 | 90,44 |
| Ab | 9,96 | 5,72 | 9,29 | 5,95 | 5,88 | 9,56 |
| An | 0,01 | 0,05 | 0,06 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

3.2. Plagioclasa

Se hicieron análisis puntuales (tabla 3) de los cristales de plagioclasa que evidenciaron una composición entre

albita (Ab 89,6-90,8, An 7,14-12,8, Or 1,21-1,27), oligoclasa (Ab 84,6, An 12,8, Or 2,53) y andesina (Ab 71,1-66,7, An 26,8-31,4, Or 2,0-1,75 (figura 11).

Tabla 3. Análisis de microsonda electrónica correspondiente a plagioclasas del Monzogranito de Rionegro

| Punto analizado | GR-6736-C2-PI-1 | GR-6736-C2-PI-2 | GR-6736-C2-PI-3 | MIA-648B-C7-PI-1 | MIA-648B-C7-PI-2 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| SiO ₂ | 65,63 | 64,73 | 65,99 | 61,37 | 59,55 |
| TiO ₂ | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| Al ₂ O ₃ | 21,06 | 21,53 | 20,57 | 23,72 | 24,54 |
| FeO | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,19 | 0,23 |
| MgO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 |
| CaO | 2,03 | 2,83 | 1,77 | 5,65 | 6,77 |
| Na ₂ O | 11,01 | 10,32 | 11,24 | 8,28 | 7,95 |
| K ₂ O | 0,23 | 0,47 | 0,24 | 0,36 | 0,32 |
| Total (% masa) | 100,00 | 99,92 | 99,88 | 99,59 | 99,36 |
| Si | 11,569 | 11,450 | 11,644 | 10,961 | 10,715 |
| Al | 4,376 | 4,489 | 4,277 | 4,993 | 5,204 |
| Ti | 0,002 | 0 | 0 | 0,003 | 0 |
| Fe | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,019 | 0,023 |
| Mg | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0,001 |
| Na | 3,762 | 3,539 | 3,846 | 2,867 | 2,772 |
| Ca | 0,383 | 0,536 | 0,335 | 1,081 | 1,306 |
| K | 0,051 | 0,106 | 0,054 | 0,082 | 0,073 |
| Total (cat) | 20,147 | 20,125 | 20,164 | 20,005 | 20,094 |
| O | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| Z | 15,95 | 15,94 | 15,92 | 15,96 | 15,92 |
| X | 4,20 | 4,19 | 4,24 | 4,05 | 4,17 |
| Ab | 89,65 | 84,64 | 90,81 | 71,14 | 66,79 |
| An | 9,14 | 12,83 | 7,92 | 26,81 | 31,46 |
| Or | 1,21 | 2,53 | 1,27 | 2,05 | 1,75 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

3.3. Micas

En las imágenes BSE, las biotitas exhiben microfracturas que cortan el clivaje, inclusiones de opacos y áreas con tonalidades diferentes que indican cambios composicionales (ejemplo: punto Bt4 MIA-648B-C3), lo que pone en evidencia variaciones en los contenidos de Si y Fe (figura 12).

En la roca MIA-648B-C3, las micas tienen concentraciones de SiO₂ (%) entre 36,20 y 37,76; FeO entre 16,59 y 17,92; Al₂O₃ entre 13,43 y 13,9, y MgO entre 12,46 y 13,72. La roca GR-6736-C3 tiene mayor canti-

dad de SiO₂ (%), entre 37,89 y 38,74; Al₂O₃ entre 13,59 y 14,15, y MgO entre 14,18 y 15,57, y presenta valores menores de FeO: 14,38 a 14,83. En el diagrama de Rieder(1998) se observa una dispersión entre estas dos rocas (figura 13, tabla 4). Las micas de la muestra MIA-648B-C3 clasifican en el campo de biotita, mientras que las micas de la muestra GR-6736-C3 se distribuyen hacia el límite biotita-flogopita. Ambos conjuntos de micas se agrupan en suites de magmas calcoalcalinos orogénicos (Abdel Rahman, 1994).

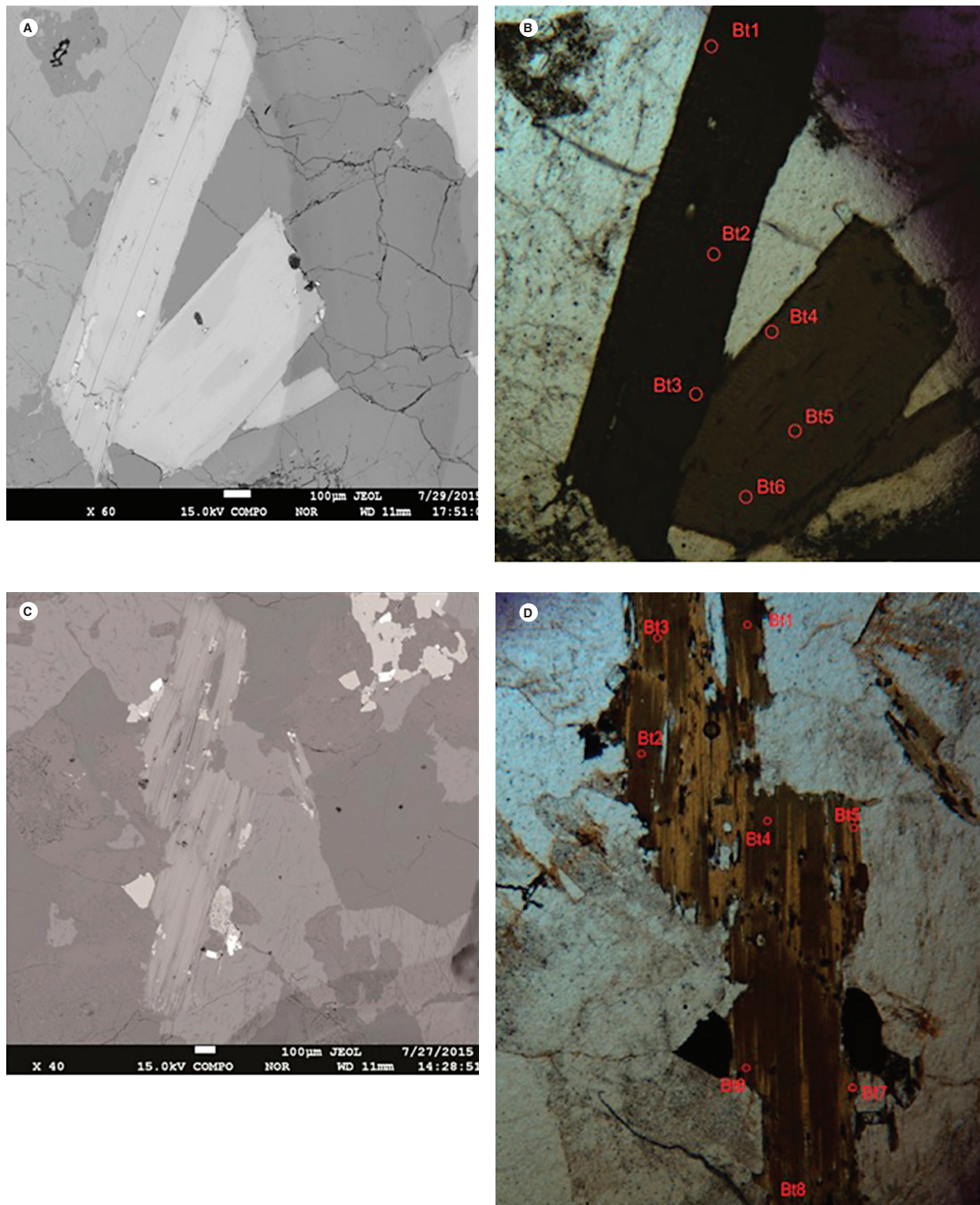


Figura 12. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a biotita e imágenes equivalentes obtenidas en microscopio petrográfico. A) Imagen BSE de biotita, muestra MIA-648B-C3. B) Puntos analizados de biotita en la roca MIA-648B, campo 3. Imagen obtenida en microscopio petrográfico con nicóles paralelos. C) Imagen BSE de biotita, muestra GR-6736-C3. D) Puntos analizados de biotita en la roca GR-6736, campo 3. Imagen obtenida en microscopio petrográfico con nicóles paralelos

Tabla 4. Composición química de micas en las rocas 900952 (GR-6736) y 900969 (MIA-648B)

| Punto analizado | MIA-648B-C3-Bt-1 | MIA-648B-C3-Bt-2 | MIA-648B-C3-Bt-3 | MIA-648B-C3-Bt-4 | MIA-648B-C3-Bt-5 | MIA-648B-C3-Bt-6 | GR-6736-C3-Bt-1 | GR-6736-C3-Bt-2 | GR-6736-C3-Bt-4 | GR-6736-C3-Bt-6 | GR-6736-C3-Bt-7 |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SiO ₂ | 36,21 | 36,97 | 36,94 | 37,76 | 36,26 | 36,61 | 38,74 | 37,90 | 37,96 | 37,93 | 37,94 |
| TiO ₂ | 3,14 | 3,08 | 3,12 | 2,80 | 3,20 | 3,00 | 1,82 | 2,21 | 1,99 | 2,42 | 2,17 |
| Al ₂ O ₃ | 13,75 | 13,88 | 13,88 | 13,47 | 13,82 | 13,98 | 13,85 | 13,85 | 13,60 | 14,16 | 14,03 |
| FeO | 17,74 | 17,56 | 17,93 | 16,59 | 17,44 | 17,38 | 14,38 | 14,73 | 14,66 | 14,83 | 14,73 |
| MgO | 12,47 | 12,61 | 12,52 | 13,72 | 12,56 | 12,64 | 15,58 | 14,70 | 15,06 | 14,19 | 14,69 |
| MnO | 0,74 | 0,72 | 0,71 | 0,67 | 0,67 | 0,79 | 0,65 | 0,80 | 0,73 | 0,80 | 0,70 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na ₂ O | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,16 | 0,16 | 0,17 | 0,13 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,21 |
| K ₂ O | 9,23 | 9,41 | 9,38 | 9,82 | 9,35 | 9,43 | 9,60 | 9,64 | 9,57 | 9,40 | 9,19 |
| Total | 93,40 | 94,35 | 94,62 | 94,99 | 93,47 | 94,00 | 94,75 | 94,09 | 93,82 | 93,98 | 93,67 |
| Fórmula basada en 22 O | | | | | | | | | | | |
| Si | 5,629 | 5,674 | 5,665 | 5,735 | 5,627 | 5,646 | 5,808 | 5,753 | 5,774 | 5,755 | 5,763 |
| AlIV | 2,371 | 2,326 | 2,335 | 2,265 | 2,373 | 2,354 | 2,192 | 2,247 | 2,226 | 2,245 | 2,237 |
| AlVI | 0,148 | 0,185 | 0,175 | 0,145 | 0,155 | 0,186 | 0,255 | 0,231 | 0,212 | 0,286 | 0,274 |
| Ti | 0,367 | 0,355 | 0,360 | 0,320 | 0,373 | 0,347 | 0,205 | 0,253 | 0,227 | 0,276 | 0,248 |
| Mg | 2,890 | 2,885 | 2,862 | 3,107 | 2,906 | 2,905 | 3,482 | 3,326 | 3,416 | 3,209 | 3,328 |
| Fe ²⁺ | 2,307 | 2,253 | 2,299 | 2,107 | 2,263 | 2,242 | 1,803 | 1,870 | 1,865 | 1,882 | 1,871 |
| Mn | 0,097 | 0,094 | 0,092 | 0,086 | 0,089 | 0,103 | 0,082 | 0,103 | 0,094 | 0,102 | 0,090 |
| Ca | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Na | 0,040 | 0,043 | 0,039 | 0,046 | 0,048 | 0,050 | 0,037 | 0,075 | 0,077 | 0,079 | 0,063 |
| K | 1,830 | 1,842 | 1,836 | 1,902 | 1,851 | 1,856 | 1,835 | 1,867 | 1,857 | 1,819 | 1,781 |
| Total | 15,680 | 15,658 | 15,663 | 15,713 | 15,685 | 15,689 | 15,700 | 15,726 | 15,747 | 15,653 | 15,655 |
| Fe/(Fe+Mg) | 0,444 | 0,439 | 0,445 | 0,404 | 0,438 | 0,436 | 0,341 | 0,360 | 0,353 | 0,370 | 0,360 |

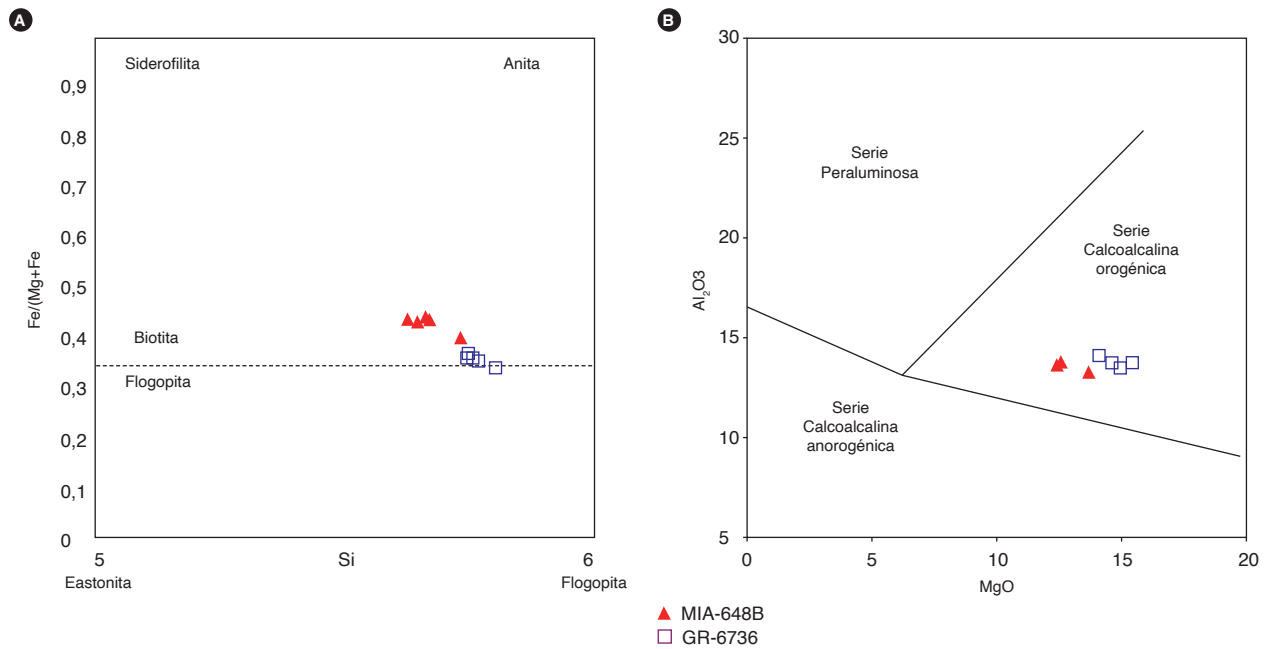


Figura 13. Diagramas de clasificación correspondientes a micas del Monzogranito de Rionegro. A) Diagrama Rieder *et al.* (1998). B) Diagrama Abdel Rahman (1994)

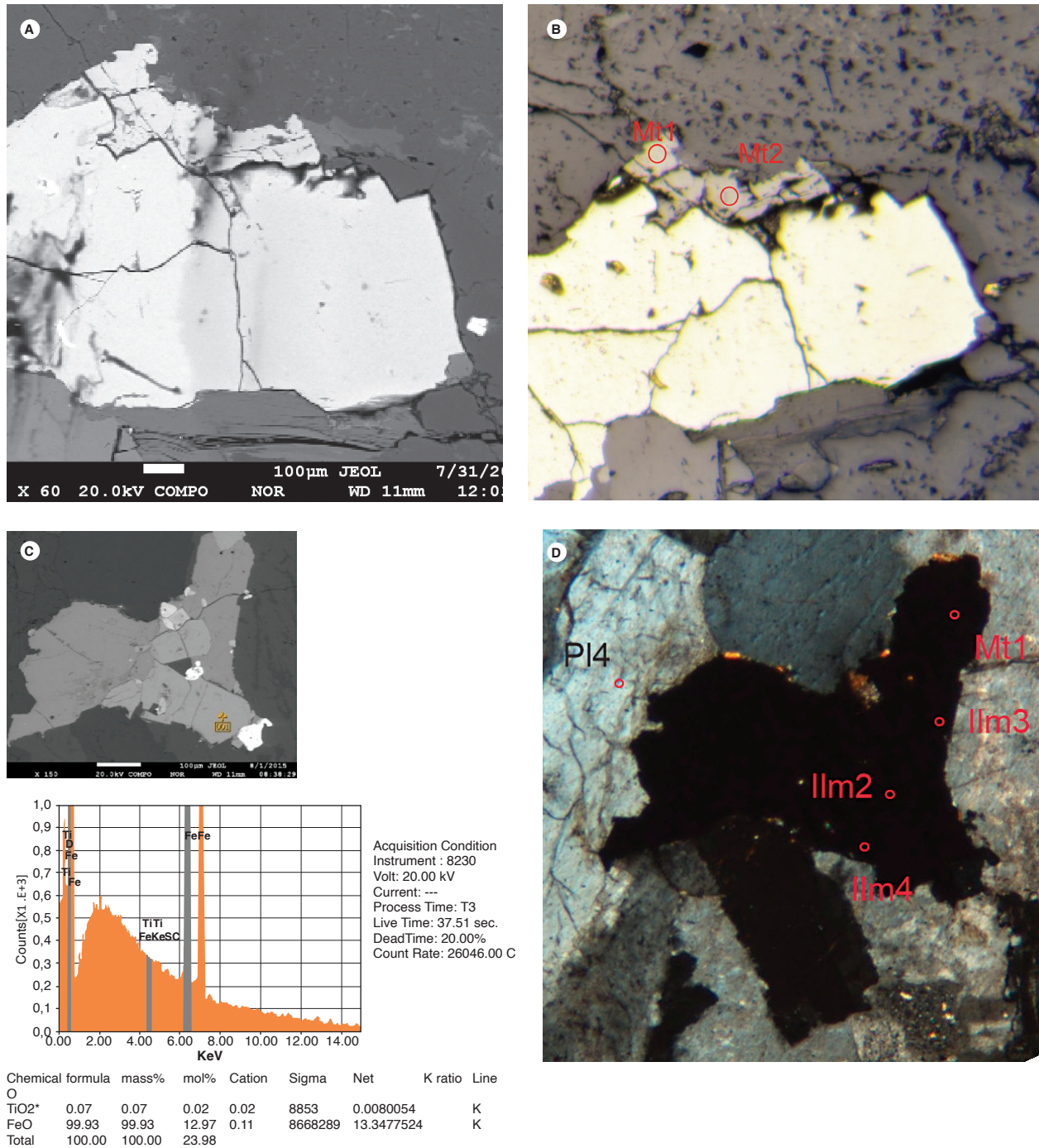


Figura 14. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) e imágenes de magnetita obtenidas en microscopio petrográfico. A) Imagen BSE del campo C5 de la roca MIA-648B. B) Puntos de análisis de magnetita en el C5 en MIA-648B. Imagen petrográfica de luz reflejada. C) EDS en C1 de la roca GR-6736, que arroja valores de magnetita. D) Minerales opacos en campo de análisis C1 en GR-6736. Imagen obtenida en microscopio petrográfico, nicoles cruzados

Tabla 6. Composición química de ilmenita en la roca 900952 (GR-6736)

| Punto Analizado | GR-6736-C1-Ilm-2 | GR-6736-C1-Ilm-3 | GR-6736-C1-Ilm-4 |
|--|------------------|------------------|------------------|
| TiO ₂ | 45,9, | 47,46 | 46,85 |
| SiO ₂ | | | |
| Fe ₂ O ₃ | 14,16 | 11,41 | 1,3 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,00 | | 0,01 |
| Al ₂ O ₃ | | | 0,0, |
| V ₂ O ₃ | | | |
| FeO | 30,79 | 31,70 | 31,33 |
| MnO | 10,34 | 10,85 | 10,60 |
| MgO | 0,0, | 0,00 | 0,04 |
| CaO | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 101,4 | 101,43 | 101,08 |
| Cationes calculados a partir de 6 O | | | |
| Ti | 1,733 | 1,785 | 1,768 |
| Si | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Fe ³⁺ | 0,535 | 0,429 | 0,46 |
| Cr | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Al | 0,000 | 0,000 | 0,001 |
| V | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Fe ²⁺ | 1,9 | 1,326 | 1,315 |
| Mg | 0,00 | 0,000 | 0,003 |
| Mn | 0,439 | 0,460 | 0,451 |
| Ca | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

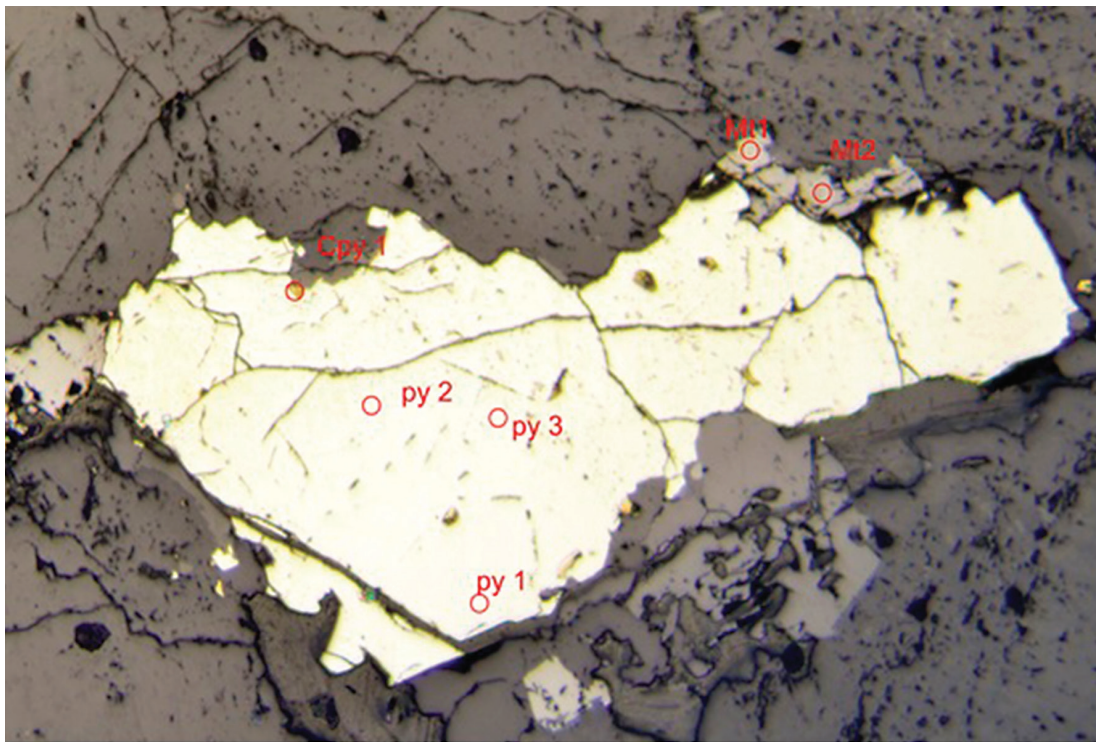


Figura 15. Imágenes de electrones secundarios retrodispersados (BSE) correspondientes a pirita y calcopirita. Pirita (Py) con inclusiones de calcopirita (Cpy) rodeada de magnetita (Mt), roca MIA-648B

Tabla 7. Composición química de calcopirita y pirita en la roca 900969 (MIA-648B)

| Punto Analizado | MIA-648B-C5-CPy-1 | MIA-648B-C5-Py-2 | MIA-648B-C5-Py-4 |
|-----------------|-------------------|------------------|------------------|
| Zn | 0,05 | 0,00 | 0,01 |
| As | 0,02 | 0,02 | |
| S | 34,22 | 53,13 | 53,18 |
| Fe | 32,47 | 46,06 | 45,93 |
| Co | 0,07 | 0,08 | 0,07 |
| Ni | | | |
| Sb | | | 0,01 |
| Cu | 31,78 | | |
| Total | 98,61 | 99,29 | 99,20 |
| Zn | 0,0385 | 0,0017 | 0,0084 |
| As | 0,0097 | 0,0126 | |
| S | 49,6225 | 66,7298 | 66,8198 |
| Fe | 27,0243 | 33,2046 | 33,1232 |
| Co | 0,0555 | 0,0514 | 0,0464 |
| Ni | | | |
| Sb | | | 0,0023 |
| Cu | 23,2494 | | |
| Total | 99,9614 | 99,9984 | 99,9917 |

4. Litogeoquímica

Se realizaron once análisis geoquímicos de rocas intrusivas correspondientes a las litologías monzogranítica y granodiorítica, y diez análisis de rocas de diques ácidos y básicos, cuyos resultados se muestran en las tablas 8 y 9. Los valores de óxidos mayores se presentan en porcentaje en peso (wt%), mientras que los elementos traza se presentan en partes por millón (ppm). Se utilizaron las técnicas de fluorescencia de rayos X para cuantificar óxidos mayores y los elementos traza Mo, V, Nb, Ta, W, Zr y Hf mediante un equipo marca Panalytical AXIOS Mineral para análisis elemental, configurado con software especializado para materiales geológicos. La cuantificación de los óxidos mayores se realizó en muestra fundida con metaborato y tetraborato de litio, y la cuantificación de elementos menores se realizó en muestra prensada.

Para el ploteo e interpretación de los óxidos mayores se realizó la corrección de los valores de volátiles (pérdidas por ignición-LOI).

Para el análisis de elementos traza de interés geoquímico en rocas se usó un espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado, ICP-MS, Perkin Elmer Nexion. Para la disolución de la muestra se realizó un ataque por pasos utilizando ácidos inorgánicos fuertes (HF, HNO₃, HClO₄ y HCl). El proceso se realizó en sistema abierto, empleando distintas rampas de temperatura y tiempos de calentamiento. La mayoría de los diagramas geoquímicos se generaron con el uso del GCDKit version 4.0 (Janoušek *et al.*, 2006).

Van der Lelij (2013) presenta una caracterización litogeoquímica de algunos cuerpos ígneos del Macizo de Santander y de los Andes de Mérida, en Venezuela. Entre ellos hay un análisis del cuerpo Batolito de Ocaña (10VDL54) y otro del Batolito de Rionegro (10VDL59). Estos dos análisis, junto con un grupo de rocas colectadas en este estudio, se retoman con el fin de identificar sus firmas geoquímicas y examinar si existe relación entre estos dos cuerpos, como se plantea a partir de las similitudes petrográficas.

Tabla 8. Datos de óxidos mayores del Monzogranito de Rionegro

| IGM | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | MnO | FeO | LOI |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------|--------|------|
| Rocas graníticas | | | | | | | | | | | | |
| 900997 | 51,52 | 2,06 | 16,80 | 9,57 | 4,59 | 7,48 | 3,94 | 1,43 | 0,441 | 0,146 | 4,93 | 1,81 |
| 900999 | 58,77 | 1,36 | 16,28 | 5,76 | 3,46 | 6,43 | 3,97 | 2,66 | 0,255 | 0,093 | 3,28 | 0,87 |
| 900954 | 60,99 | 0,91 | 18,51 | 5,07 | 1,71 | 4,28 | 3,71 | 3,38 | 0,325 | 0,100 | | 0,67 |
| 900949 | 62,83 | 0,82 | 17,65 | 4,74 | 1,48 | 4,16 | 4,09 | 2,75 | 0,244 | 0,114 | 2,44 | 0,74 |
| 10VD659* | 64,1 | 0,7 | 17,6 | 4,2 | 1,3 | 3,8 | 4,0 | 3,0 | 0,2 | 0,101 | | 0,7 |
| 900952 | 64,59 | 0,78 | 17,05 | 4,15 | 1,19 | 3,50 | 4,24 | 3,29 | 0,211 | 0,113 | | 0,62 |
| 900950 | 66,73 | 0,56 | 16,49 | 3,73 | 1,13 | 3,44 | 3,93 | 3,03 | 0,176 | 0,090 | | 0,37 |
| 900985 | 68,93 | 0,47 | 16,01 | 2,88 | 1,60 | 1,28 | 7,16 | 0,26 | 0,159 | 0,081 | 1,47 | 1,16 |
| 900973 | 71,62 | 0,34 | 13,81 | 2,08 | 0,71 | 2,55 | 3,83 | 3,36 | 0,092 | 0,070 | 0,91 | 1,42 |
| 900990 | 71,65 | 0,32 | 14,34 | 2,44 | 0,68 | 2,58 | 3,42 | 3,28 | 0,101 | 0,087 | 1,00 | 0,91 |
| 900971 | 72,67 | 0,32 | 13,49 | 1,93 | 0,54 | 1,29 | 2,93 | 5,15 | 0,112 | 0,059 | 0,90 | 1,41 |
| 900974 | 76,09 | 0,14 | 13,20 | 0,90 | 0,17 | 0,81 | 3,31 | 4,78 | 0,037 | 0,049 | 0,22 | 0,47 |
| 10VDL54* | 76,9 | 0,1 | 12,9 | 0,7 | 0,1 | 0,3 | 3,5 | 4,8 | 0,0 | 0,040 | | 0,5 |
| Rocas de dique | | | | | | | | | | | | |
| 900998 | 50,51 | 1,79 | 17,32 | 9,18 | 5,63 | 8,62 | 3,59 | 1,33 | 0,33 | 0,13 | 5,54 | 1,39 |
| 900975 | 51,77 | 1,57 | 16,62 | 9,12 | 4,95 | 8,00 | 3,98 | 1,02 | 0,55 | 0,15 | 4,28 | 2,09 |
| 900986 | 52,46 | 0,98 | 16,61 | 9,76 | 5,45 | 8,25 | 2,29 | 0,36 | 0,21 | 0,23 | 3,76 | 3,17 |
| 900906 | 71,10 | 0,11 | 16,76 | 0,71 | 0,06 | 0,23 | 4,58 | 5,16 | | 0,02 | | 0,35 |
| 900951 | 74,96 | 0,23 | 13,44 | 1,34 | 0,28 | 1,30 | 3,30 | 4,48 | 0,05 | 0,04 | | 0,39 |
| MIA-646A | 76,42 | 0,10 | 13,11 | 0,62 | < 0,10 | 0,87 | 2,86 | 5,64 | 0,04 | 0,03 | | 0,30 |
| 900969 | 76,79 | 0,14 | 12,85 | 0,78 | < 0,10 | 0,54 | 3,06 | 5,27 | < 0,024 | 0,03 | 0,21 | 0,48 |
| 900953 | 76,90 | 0,13 | 12,75 | 0,73 | < 0,10 | 0,80 | 2,57 | 5,14 | < 0,024 | 0,04 | | 0,69 |
| 901011 | 77,42 | 0,06 | 12,71 | 0,71 | < 0,10 | 0,72 | 3,29 | 4,68 | < 0,024 | 0,044 | < 0,13 | 0,31 |
| 901010 | 77,47 | 0,07 | 12,87 | 0,67 | < 0,10 | 0,62 | 3,65 | 4,35 | < 0,024 | 0,02 | < 0,13 | 0,21 |

Fuente: *Van Der Lelij (2013) y este trabajo.

4.1. Óxidos mayores

Las rocas graníticas tienen un carácter intermedio a ácido con rangos de SiO₂ entre 61,61 %, en una granodiorita (IGM 900954), y 77,34% en un granito alcalino (10VDL54). En general, las rocas presentan valores de Na₂O entre 2,94 y 4,24% sin mayores cambios con el aumento de SiO₂. Únicamente la muestra 900985 tiene un valor anormalmente alto: 7,16%; el K₂O varía entre 1,43 y 5,18%, y aumenta con el contenido de SiO₂ con un valor extremadamente bajo en la muestra 900985: 0,26% (figura 16).

CaO, Fe₂O₃, MgO, MnO, Al₂O₃, TiO₂, Zr y Ba disminuyen con el aumento de SiO₂, como se muestra en la tabla 8 y la figura 16. El CaO varía entre 0,34%, en las rocas más ácidas, y 7,48% en las intermedias; el MgO varía entre 0,08 y 1,72%; el Al₂O₃ se presenta entre 13,01 y 18,70%; hay valores menores de TiO₂ (entre 0,11 y 0,92%), y Fe₂O₃ entre 0,69 y 5,12%, siendo mayor en las rocas granodioríticas.

Las rocas IGM 900997 e IGM 900999 muestran una composición mineralógica y geoquímica que difiere de la constitución promedio de la facies granodiorítica del

Monzogranito de Rionegro. Ambas rocas se localizan en el sector occidental del plutón donde se evidencian intrusiones del Monzogranito de Rionegro en un cuerpo cuarzomonzodiorítico. Las diferencias en contenidos modales y en el comportamiento químico sugieren que estas rocas representan a la unidad de cuarzomonzodiorita adyacente. Las muestras corresponden a rocas básicas con contenidos de SiO₂ de 50,06 y 57,43%, respectivamente, Na₂O de 3,8% en ambas rocas y bajos contenidos de K₂O, de 1,39 y 2,6%. El MgO está en contenidos de 4,46 a 3,38%, TiO₂ de 2,08 a 1,37%, Al₂O₃ de 16,3 a 15,9%; por otra parte, tienen valores de CaO altos: de 7,26 a 6,28%; asimismo, el Fe₂O₃ es alto, pues se presenta en contenidos de 9,29 a 5,62%.

Las rocas de diques básicos tienen cantidades de SiO₂ entre 48,58 y 52,27%, clasificadas petrográficamente como microdioritas (IGM 900998, 900975 y 900986), con cantidades de Na₂O entre 2,28 y 3,90%, K₂O entre 0,36 y 1,28%, y MgO entre 4,85 y 5,43%. Los diques de composición ácida (monzogranitos, riolitas) tienen valores de SiO₂ entre 72,02 y 77,70%, Na₂O entre 2,59 y 4,63%, K₂O entre 4,36 y 5,66%, y valores bajos de MgO: 0,28%.

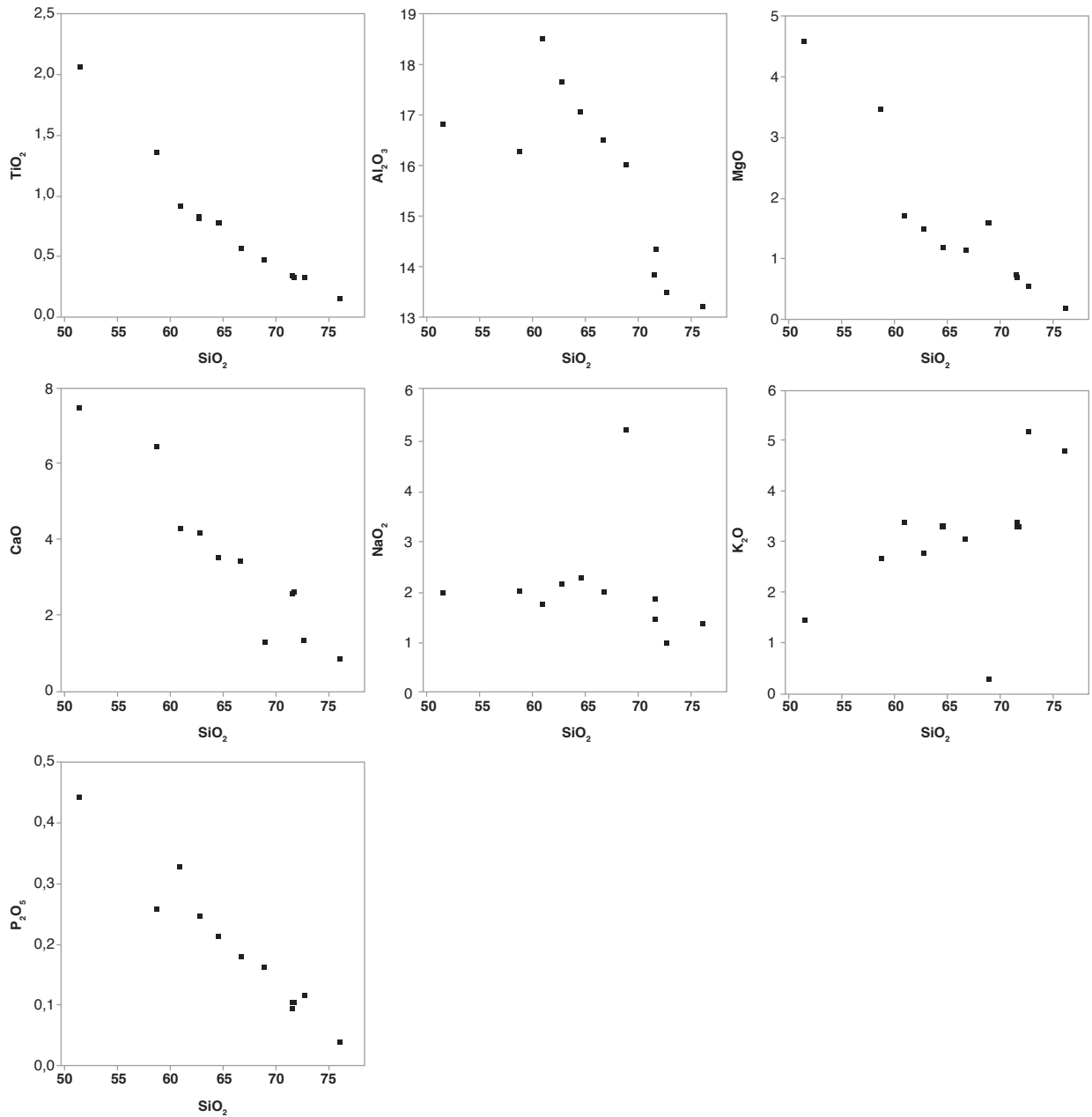


Figura 16. Diagramas de variación de Harker correspondientes a rocas graníticas del Monzogranito de Rionegro

En el diagrama de TAS (figura 17) las rocas se localizan en las series de cuarzomonzodiorita a granodiorita en las facies granodioríticas, y en el campo de granitos en la facies clasificada petrográficamente como monzogranitos. Las rocas IGM 900997 e IGM 900999 muestran una composición de monzodioritas y cuarzomonzodiorita concordante con la clasificación petrográfica. Los diques ácidos se localizan en el campo de riolitas, y los

diques básicos hacia los campos de basaltos y basaltos andesíticos.

El Monzogranito de Rionegro muestra dispersión en cuanto a los contenidos de K_2O vs. SiO_2 (figura 18). Las rocas granodioríticas presentan menor contenido de sílice y se apartan de las rocas monzograníticas; sin embargo, todas las rocas tienen afinidad en las series calcoalcalina alta en K. La roca IGM 900985, clasificada como monzo-

granito, muestra una baja concentración de K_2O (0,26 wt), que posiblemente corresponde a un error analítico.

Las rocas de dique se diferencian entre las muestras básicas con bajos contenidos de sílice y se dispersan en-

tre las series calcoalcalinas altas en K, calcoalcalinas y toleíticas. Por su parte, los diques de sienogranitos, monzogranitos y riolitas se agrupan en las series calcoalcalinas altas en K.

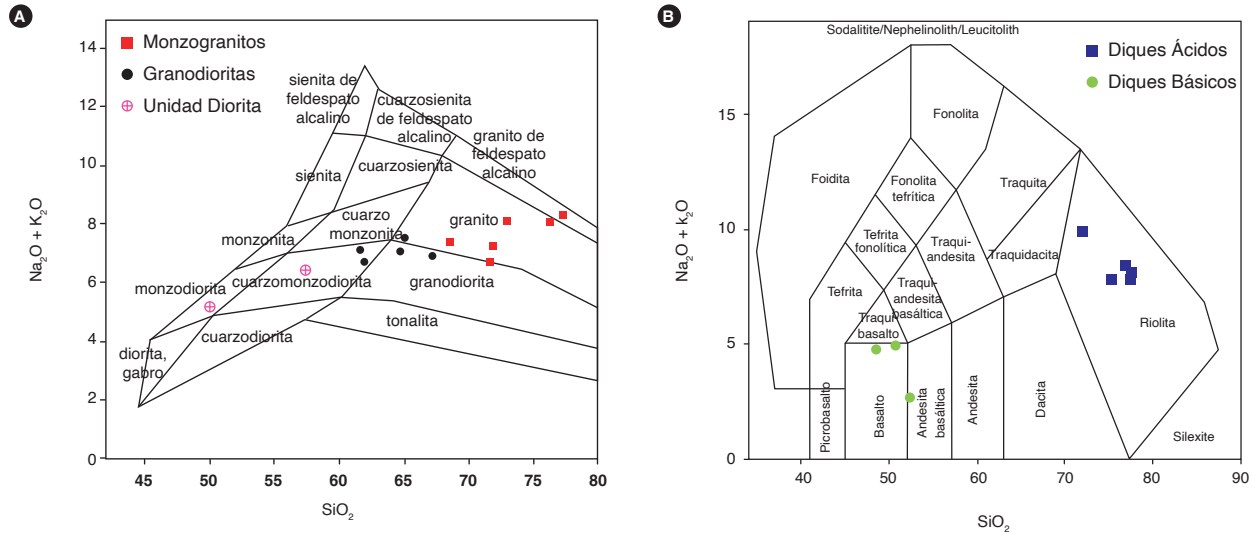


Figura 17. A) Diagramas TAS (Middlemost, 1985) correspondientes a rocas graníticas. B) TAS (Middlemost, 1994) correspondiente a rocas de dique

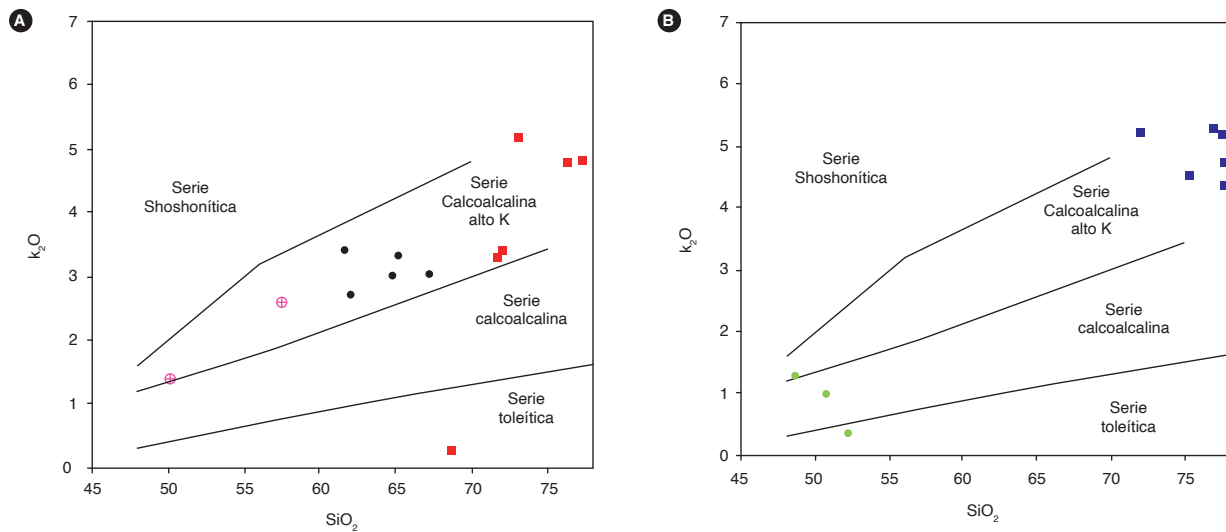


Figura 18. Diagrama de Peccerillo y Taylor (1976) correspondiente a rocas graníticas (A) y rocas de dique (B). Los símbolos deben interpretarse igual que en la figura 17

Varios cuerpos ígneos del Macizo de Santander muestran un comportamiento metaluminoso a peraluminoso, con mayor afinidad hacia el campo peraluminoso. Van der Lelij (2013) sugiere que esta firma en las rocas posiblemente refleje el tipo de fuente del cual se derivó el magma de estos cuerpos intrusivos (magmas derivados de fuentes sedimentarias o de fuentes ígneas). Las variaciones de Na₂O con respecto a K₂O muestran el tipo de granito asociado (tipo S o tipo I). Las rocas del Monzogranito de Rionegro exhiben una tendencia hacia

el campo peraluminoso (figura 19) con contenidos molares de A/CNK entre 1,009 y 1,115, excepto en la roca IGM 900973, que tiene A/CNK < 1 (0,948) y las dos rocas asociadas a la unidad de cuarzomonzodiorita.

Los diques básicos (IGM 900986, 900998 y 900975) se ubican en el campo metaluminoso con proporciones molares de A/CNK entre 0,74 y 0,86, mientras que las rocas de diques ácidos se ubican en el campo peraluminoso con relaciones molares de A/CNK entre 1,05 y 1,23 (figura 20).

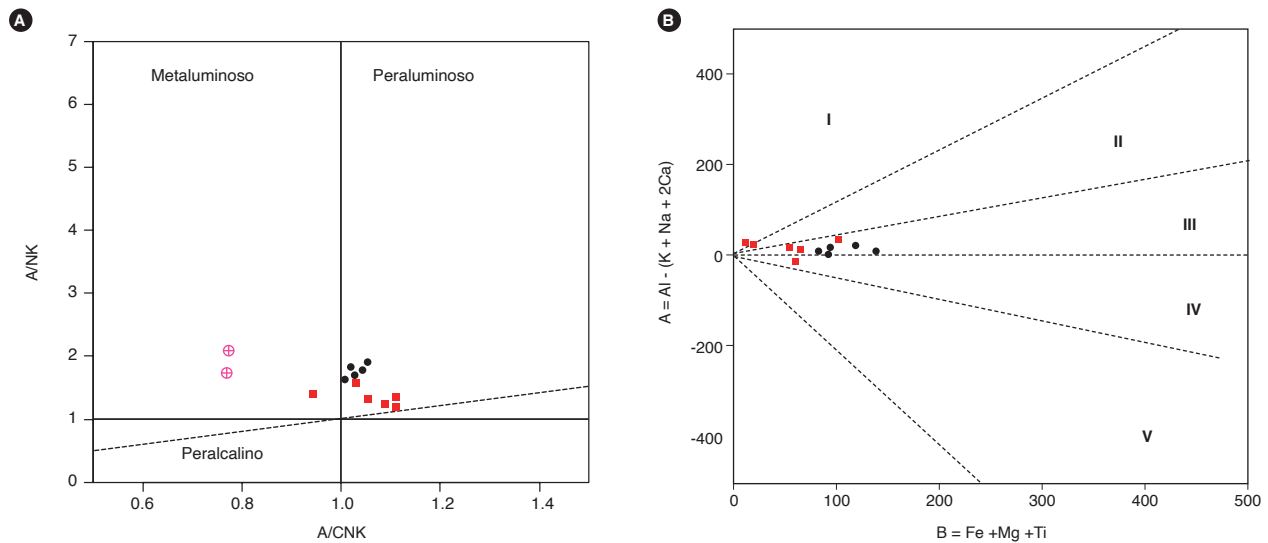


Figura 19. Diagramas de clasificación correspondientes a rocas graníticas del Monzogranito de Rionegro. A) Diagrama de Shand (1943). B) Diagrama de Debon y Le Fort (1983). La interpretación de los símbolos puede consultarse en la figura 17

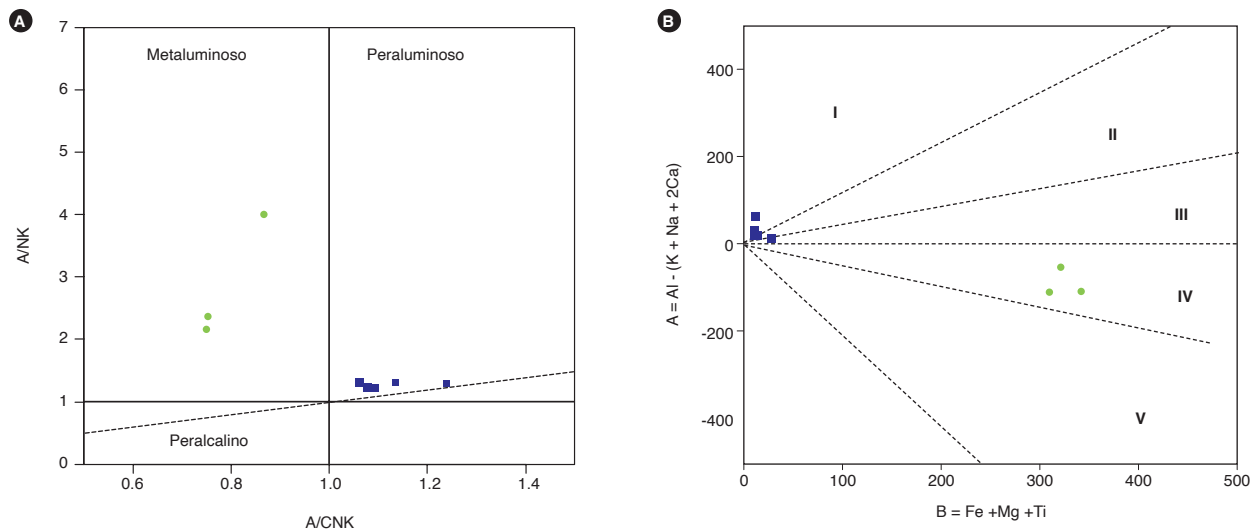


Figura 20. Diagramas de clasificación correspondientes a rocas diques del Monzogranito de Rionegro. A) Diagrama de Shand (1943). B) Diagrama de Debon y Le Fort (1983). La interpretación de los símbolos puede consultarse en la figura 17

4.2. Elementos traza y tierras raras

Los contenidos de elementos traza y tierras raras del Monzogranito de Rionegro se presentan en la tabla 9, y los de rocas de diques en la tabla 10.

Hay una clara diferenciación entre las facies granodiorita y monzogranito respecto a la relación de $(La/Yb)_N$; valores entre 12,29 y 25,11 para las rocas clasificadas como granodioritas (IGM 900954, 900949, 900952, 900950 y 10VDL59), mientras que en los monzogranitos estas relaciones son menores, entre 7,57 y 11,9 (IGM 900971, 900973, 900974, 900985 y 900990). Las rocas que corresponden a la unidad cuarzomonzodiorita (IGM 900997 y 900999), en la cual intruye el Monzogranito de Rionegro, exhiben relaciones $(La/Yb)_N$ entre 5,25 y 5,38. Por su parte, la roca reinterpretada 10VDL54 (Van der Lelij, 2013) del Batolito de Ocaña, muestra una relación $(La/Yb)_N$ de 3,46.

En las rocas de diques no se observa una diferenciación en lo que respecta al tipo de roca (ácido o básico) y la relación $(La/Yb)_N$. Los monzogranitos y riolitas tienen valores entre 4,29 y 27,07, mientras que los diques microdioríticos y andesíticos muestran valores entre 5,96 y 8,99.

En los diagramas normalizados a condrito (Nakamura, 1974 y McDonough y Sun, 1995) (figura 21), las rocas del Monzogranito de Rionegro exhiben un enriquecimiento general en LREE (desde La a Sm) con distinción entre los trenes de las granodioritas y los monzogranitos (figura 22).

Las granodioritas (10VDL59, 900949, 900954, 900952 y 900950) presentan valores de hasta quinientas veces el valor del condrito y valores de Eu/Eu^* entre 0,66 y 1,091.

Aunque desde las LREE hasta las HREE hay variaciones graduales en el contenido de las tierras raras, con entrecruzamientos en los trenes, se evidencian dos patrones con respecto al valor de La_N . Las rocas 10VDL59, 900949 y 900954 tienen valores altos de La_N (entre 508,94 y 549,78) y se localizan hacia los bordes del cuerpo, mientras que las rocas 900952 y 900950 presentan valores de La_N de 409,54 y 411,66 y se localizan en el interior de la unidad, con una diferencia de edad de cristalización marcada.

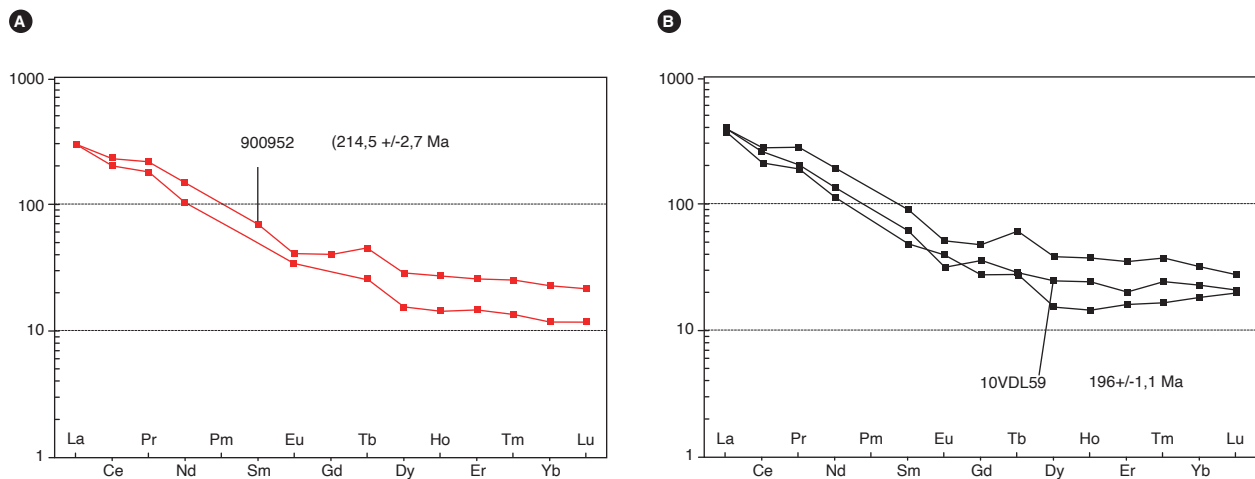


Figura 21. Diagrama REE correspondiente a rocas granodioríticas normalizado con respecto a la composición del condrito (Nakamura, 1974) La interpretación de los símbolos puede consultarse en la figura 17

Tabla 9. Concentraciones de elementos traza y tierras raras del Monzogranito de Rionegro

| IGM | 900997 | 900999 | 900954 | 900949 | 10VDL59 | 900952 | 900950 | 900985 | 900973 | 900990 | 900971 | 900974 | 10VDL54 |
|-----|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Li | 12 | 5,1 | 45 | 8,3 | | 18 | 22 | 17 | 4,3 | 12 | 10 | 6,9 | |
| Be | 2,1 | 2,3 | 3,2 | 2,2 | 2,9 | 2,6 | 2,0 | 1,1 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 3,1 | 4,4 |
| Sc | 29 | 23 | 20 | 13 | 8,3 | 17 | 9,5 | 6,4 | 5,4 | 6,0 | 6,9 | 5,1 | 5,9 |
| V | 201 | 118 | 67 | 56 | 57 | 38 | 42 | 22 | 25 | 25 | 20 | 10 | 2,0 |
| Cr | 64 | 56 | 12 | 4,2 | 5,0 | 8,0 | 7,8 | 3,5 | 3,8 | 2,5 | 4,3 | 1,4 | 6,0 |
| Mn | 1161 | 734 | ** | ** | | ** | ** | 626 | 541 | 673 | 451 | 380 | |
| Co | 33 | 26 | 19 | 20 | 6,1 | 15 | 17 | 16 | 13 | 20 | 16 | 13 | 0,5 |
| Ni | 42 | 32 | 12 | 9,3 | 5,6 | 6,0 | 6,0 | 6,6 | 13 | 3,0 | 17 | 1,7 | 3,0 |
| Cu | 38 | 29 | 23 | 13 | 6,8 | 10 | 10 | 6,8 | 30 | 5,2 | 7,8 | 4,6 | 3,7 |
| Zn | 100 | 58 | 93 | 96 | 77,0 | 84 | 65 | 53 | 40 | 56 | 43 | 21 | 17,0 |
| Ga | 22 | 17 | 26 | 27 | 23,7 | 22 | 20 | 15 | 15 | 16 | 16 | 15 | 16,5 |
| As | 2,1 | 1,4 | 3,8 | 4,6 | 2,5 | 3,9 | 3,4 | 1,1 | 1,6 | 1,2 | 1,6 | 1,4 | 2,0 |
| Rb | 24 | 29 | 168 | 104 | 66,1 | 113 | 93 | 10 | 98 | 97 | 206 | 220 | 174,0 |
| Sr | 521 | 455 | 564 | 493 | 448,2 | 404 | 383 | 188 | 227 | 269 | 173 | 86 | 25,5 |
| Y | 31 | 18 | | | 43,6 | | | 24 | 19 | 19 | 21 | 18 | 32,8 |
| Cd | 0,17 | 0,13 | 0,092 | 0,082 | | 0,095 | <0,08 | <0,08 | 0,086 | 0,082 | 0,15 | <0,08 | |
| In | 0,080 | 0,049 | 0,074 | 0,050 | | 0,057 | 0,035 | 0,020 | 0,015 | 0,017 | 0,015 | 0,018 | |
| Cs | 0,32 | 0,26 | 4,0 | 1,3 | 1,1 | 1,1 | 1,7 | 0,09 | 0,34 | 0,42 | 2,5 | 1,6 | 0,9 |
| Ba | 420 | 335 | 2329 | 2693 | 1986,3 | 1979 | 2523 | 55 | 1074 | 1150 | 848 | 518 | 216,9 |
| La | 24 | 13 | 121 | 127 | 130,3 | 98 | 97 | 25 | 35 | 32 | 29 | 21 | 20,9 |
| Ce | 55 | 25 | 180 | 238 | 220,1 | 199 | 173 | 51 | 65 | 61 | 59 | 46 | 40,8 |
| Pr | 7,4 | 3,5 | 21 | 31 | 22,6 | 24 | 20 | 5,9 | 7,3 | 6,7 | 6,6 | 5,6 | 4,7 |
| Nd | 28 | 14 | 70 | 120 | 84,1 | 93 | 65 | 19 | 24 | 21 | 21 | 19 | 18,5 |
| Sm | 6,5 | 3,2 | 9,6 | 18 | | 14 | 9,3 | 3,9 | 4,3 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,3 |
| Eu | 2,0 | 1,2 | 3,0 | 3,9 | 2,4 | 3,1 | 2,6 | 1,00 | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 0,67 | 0,4 |
| Gd | 6,1 | 3,1 | 7,5 | 13 | 9,9 | 11 | 7,5 | 4,5 | 4,2 | 4,1 | 3,9 | 3,8 | 3,8 |
| Tb | 1,0 | 0,54 | 1,3 | 2,8 | 1,3 | 2,1 | 1,2 | 0,73 | 0,60 | 0,58 | 0,62 | 0,57 | 0,8 |
| Dy | 5,8 | 3,1 | 5,2 | 13 | 8,4 | 9,7 | 5,3 | 4,2 | 3,2 | 3,0 | 3,3 | 3,1 | 5,0 |
| Ho | 1,2 | 0,63 | 1,0 | 2,6 | 1,7 | 1,9 | 1,0 | 0,89 | 0,67 | 0,63 | 0,72 | 0,60 | 1,2 |
| Er | 3,4 | 1,9 | 3,6 | 7,8 | 4,5 | 5,8 | 3,3 | 2,6 | 2,1 | 1,9 | 2,2 | 1,8 | 3,4 |
| Tm | 0,47 | 0,26 | 0,49 | 1,10 | 0,7 | 0,75 | 0,40 | 0,34 | 0,30 | 0,27 | 0,33 | 0,27 | 0,6 |
| Yb | 3,1 | 1,7 | 4,0 | 7,0 | 5,0 | 5,0 | 2,6 | 2,1 | 2,1 | 1,8 | 2,2 | 1,9 | 4,1 |
| Lu | 0,45 | 0,26 | 0,67 | 0,93 | 0,7 | 0,73 | 0,40 | 0,29 | 0,31 | 0,27 | 0,33 | 0,29 | 0,6 |
| Tl | 0,044 | 0,029 | 0,87 | 0,58 | | 0,61 | 0,50 | 0,048 | 0,53 | 0,52 | 1,3 | 1,2 | |
| Pb | 6,4 | 6,3 | 13 | 11 | 7,9 | 12 | 10 | 4,1 | 9,5 | 9,9 | 39 | 20 | 23,6 |
| Bi | <0,05 | <0,05 | 0,16 | <0,05 | 0,1 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,23 | 0,50 | 0,1 |
| Th | 2,0 | 3,7 | 7,2 | 13 | 12,1 | 15 | 13 | 9,1 | 10 | 8,4 | 16 | 15 | 14,5 |
| U | 0,50 | 1,3 | 2,2 | 0,94 | 1,4 | 2,1 | 1,2 | 1,4 | 1,4 | 2,3 | 4,6 | 3,8 | 3,8 |
| Zr | 276 | 147 | 488 | 491 | 463,8 | 452 | 328 | 196 | 147 | 161 | 145 | 70 | 60,2 |
| Nb | 18 | 14 | 16 | 20 | 15,1 | 20 | 15 | 13 | 14 | 13 | 17 | 20 | 21,1 |
| W | 11 | 14 | 28 | 48 | 0,9 | 33 | 39 | 38 | 44 | 72 | 70 | 58 | 0,6 |

Tabla 10. Concentraciones de elementos traza y tierras raras en rocas de dique

| IGM | 900998 | 900975 | 900986 | 900906 | 900951 | MIA-646A | 900969 | 900953 | 901011 | 901010 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Li | 25 | 8,2 | 7,88 | 0,94 | 16 | 18 | 7,6 | 7,9 | 2,9 | 1,3 |
| Be | 1,5 | 2,1 | 2,65 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 2,1 | 3,8 | 4,2 | 3,8 |
| Sc | 25 | 2,1 | 5,84 | 4,3 | 28 | 24 | 6,1 | 5,4 | 3,6 | 6,6 |
| V | 180 | 11 | 6,27 | 7,6 | 198 | 184 | 10 | 9,5 | 6,1 | 3,5 |
| Cr | 138 | 6,5 | 2,43 | 1,6 | 99 | 103 | 3,5 | 5,4 | 2,4 | 0,76 |
| Mn | 1793 | 287 | 339,10 | 200 | 1048 | 1153 | | 225 | 171 | 183 |
| Co | 28 | 12 | 14 | 22 | 34 | 26 | 16 | 10 | 11 | 9,0 |
| Ni | 111 | 3,7 | 1,9 | 1,635 | 63 | 45 | 3,8 | 3,7 | 1,1 | 1,2 |
| Cu | 11 | 4,1 | 3,3 | 2,3 | 44 | 29 | 5,2 | 5,7 | 4,6 | 4,8 |
| Zn | 134 | 15 | 18 | 15 | 91 | 87 | 27 | 109 | 11 | 6,9 |
| Ga | 23 | 15 | 15 | 14 | 20 | 19 | 17 | 16 | 16 | 15 |
| As | 2,1 | 0,91 | 0,53 | 1,2 | 1,5 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 0,74 | 1,2 |
| Rb | 15 | 158 | 176 | 237 | 20 | 20 | 131 | 273 | 195 | 237 |
| Sr | 887 | 213 | 66 | 85 | 501 | 436 | 173 | 67 | 19 | 36 |
| Y | 21 | | 11 | | 21 | 28 | | 21 | 12 | |
| Cd | 0,17 | < 0,08 | < 0,08 | < 0,08 | 0,15 | 0,15 | < 0,08 | 0,20 | < 0,08 | 0,19 |
| In | 0,076 | 0,010 | 0,025 | 0,011 | 0,064 | 0,071 | 0,012 | 0,0057 | 0,012 | 0,050 |
| Cs | 0,16 | 1,7 | 2,0 | 1,2 | 0,31 | 0,26 | 0,68 | 2,8 | 2,1 | 3,3 |
| Ba | 149 | 2300 | 242 | 457 | 389 | 392 | 2051 | 231 | 40 | 142 |
| La | 19 | 27 | 15 | 23 | 18 | 34 | 34 | 27 | 11 | 12 |
| Ce | 43 | 39 | 23 | 45 | 39 | 74 | 68 | 48 | 22 | 22 |
| Pr | 5,9 | 3,3 | 2,8 | 5,3 | 5,0 | 9,8 | 8,0 | 8,0 | 2,9 | 2,7 |
| Nd | 23 | 7,7 | 8,7 | 18 | 19 | 39 | 28 | 27 | 11 | 7,7 |
| Sm | 5,4 | 1,0 | 1,4 | 4,1 | 4,5 | 7,9 | 5,3 | 6,6 | 2,0 | 1,5 |
| Eu | 1,6 | 1,5 | 0,38 | 0,7 | 1,6 | 2,3 | 1,8 | 0,68 | 0,32 | 0,17 |
| Gd | 5,3 | 1,1 | 1,4 | 3,052 | 4,3 | 7,4 | 4,0 | 5,5 | 1,8 | 1,2 |
| Tb | 0,81 | 0,16 | 0,20 | 0,71 | 0,70 | 1,1 | 0,80 | 0,77 | 0,28 | 0,23 |
| Dy | 4,2 | 0,65 | 1,2 | 3,9 | 4,0 | 5,6 | 3,8 | 3,9 | 1,5 | 1,3 |
| Ho | 0,84 | 0,15 | 0,27 | 0,79 | 0,81 | 1,1 | 0,78 | 0,74 | 0,33 | 0,35 |
| Er | 2,3 | 0,54 | 0,99 | 2,5 | 2,3 | 3,2 | 2,3 | 2,3 | 1,1 | 1,3 |
| Tm | 0,28 | 0,08 | 0,17 | 0,34 | 0,31 | 0,42 | 0,31 | 0,32 | 0,18 | 0,24 |
| Yb | 1,7 | 0,67 | 1,4 | 2,2 | 2,1 | 2,6 | 2,1 | 2,2 | 1,4 | 1,8 |
| Lu | 0,22 | 0,14 | 0,25 | 0,34 | 0,30 | 0,37 | 0,32 | 0,34 | 0,24 | 0,33 |
| Tl | 0,13 | 0,88 | 0,86 | 0,9 | 0,028 | 0,13 | 0,67 | 1,4 | 0,92 | 1,7 |
| Pb | 7,4 | 13 | 24 | 25 | 4,7 | 5,1 | 14 | 28 | 27 | 17 |
| Bi | 0,15 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | 0,10 |
| Th | 0,62 | 13 | 14 | 14 | 1,8 | 1,5 | 15 | 24 | 23 | 25 |
| U | 0,47 | 2,0 | 3,4 | 3,1 | 0,42 | 1,8 | 2,0 | 7,6 | 3,1 | 4,6 |
| Zr | 151 | 75 | 59 | 64 | 178 | 287 | 123 | 71 | 34 | 69 |
| Nb | 6 | 6 | 13 | 6 | 12 | 16 | 15 | 22 | 18 | 22 |
| W | 21 | 39 | 58 | 81 | 9 | 15 | 60 | 48 | 43 | 35 |

Los monzogranitos (900971, 900985, 900990, 900973, 900974 y 10VDL54) muestran valores de hasta cien veces el condrito y valores de Eu/Eu^* entre 0,51 y 0,97, que ponen en evidencia una anomalía negativa de Eu más fuerte que en las rocas granodioríticas, posiblemente como producto de la cristalización de plagioclasa (Winter, 2014).

De acuerdo con los valores de La_N , se distinguen dos patrones; sin embargo, las firmas entre ellos tienden a ser paralelas hacia los HREE y no se observa diferenciación en la distribución geográfica dentro de la uni-

dad. Las rocas 900973, 900990 y 900971 tienen La_N entre 123,97 y 149,51, mientras que las rocas 900985 y 900974 presentan menores valores de La_N (104,72 y 89,96, respectivamente) y mayor anomalía negativa de Eu (figura 22), que podría estar relacionada con la cristalización fraccionada de plagioclasa. La roca 10VDL54 presenta una anomalía negativa del Eu aún más marcada, y en el comportamiento de los HREE se aparta del resto de las rocas, pues muestra mayores contenidos en un patrón plano.

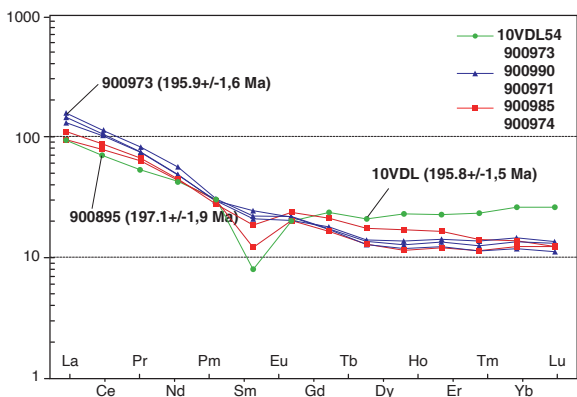


Figura 22. Diagrama REE correspondiente a rocas de la facies monzograníticas normalizado a condrito (McDonough y Sun, 1995)

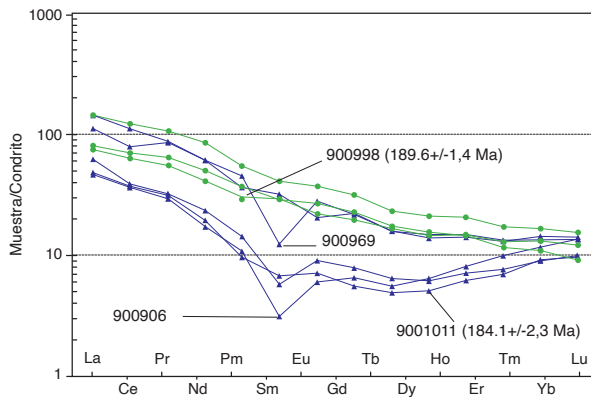


Figura 23. Diagrama REE correspondiente a rocas de diques normalizado a condrito. En verde, diques de composición andesítica-microdiorítica, y en azul, diques de composición granítica y riolítica.

Fuente: McDonough y Sun (1995) y este trabajo

En el diagrama de REE, las rocas de diques muestran al menos dos patrones (figura 23, patrones en verde y azul), con valores del condrito de ochenta a más de cien veces mayores en las rocas de la composición básica (andesitas y microdioritas). Con una edad asociada de $189,6 \pm 1,4$ Ma, las rocas se comportan paralelas entre ellas, y decaen progresivamente hacia la HREE, donde se cruza el patrón de las rocas ácidas. La roca 900969 exhibe una anomalía negativa en Eu.

Los diques de monzogranitos y riolitas muestran valores menores de ochenta veces el condrito; hacia las MREE tienen un comportamiento cóncavo, al tiempo que aumenta la concentración de HREE, posiblemente por la ausencia de anfíbol y la presencia de granate residual. La roca 900906 presenta anomalía negativa en Eu asociada a la cristalización de plagioclasa (Winter, 2014).

En los diagramas multielementales (o arañagramas) normalizados con respecto a los NMORB (Sun y McDonough, 1989) se presentan los patrones comparativos de las granodioritas y los monzogranitos (figura 24 A y B) del Monzogranito de Rionegro. En general, ambas fa-

cies muestran enriquecimientos en las LILE (Cs, Rb, Ba) y empobrecimientos hacia las HFSE (Ti, P), valores altos de Ba, K y Pb y anomalías negativas de P, Ti y Nb, asociadas con la insolubilidad de estos elementos ante fluidos hidratados que migran por la placa subducente (Best, 2003).

Las rocas monzograníticas muestran mayor dispersión en los elementos más móviles (Cs, Rb, Ba). Se observa que la roca IGM 900985 se aleja del patrón común de estas rocas, pues presenta valores bajos de los LILE y no exhibe un enriquecimiento en K.

Los diques de composición ácida (monzogranitos y riolitas) tienen valores mayores de cien veces el condrito, y anomalía negativa de Ba, salvo la roca 900951, que muestra concentraciones menores de Cs y Rb. Hay fuertes anomalías negativas de Nb, La, Ce, Sr y Ti y concentraciones mayores de Th, U, K y Pb (figura 25).

Por su parte, los diques de andesitas y microdioritas (en verde) tienen valores menores de cien veces el condrito, muestran ligeros empobrecimientos en Th, Nb, La, Ce y un tren continuo decreciente hacia las HREE (figura 25).

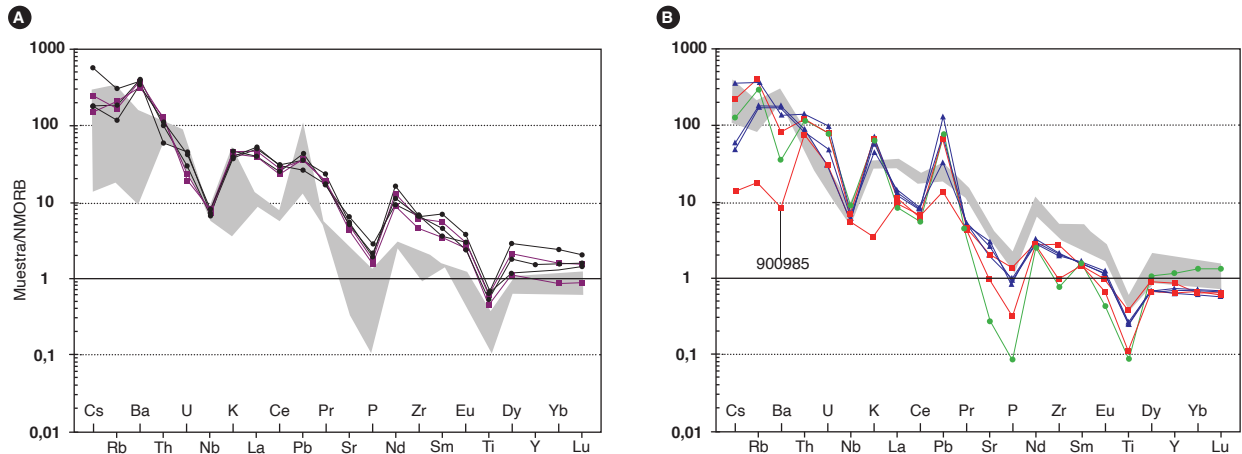


Figura 24. Diagramas multielementales (o arañagramas) normalizados con respecto a los NMORB (Sun y McDonough, 1989) correspondientes a rocas del Monzogranito de Rionegro. A) Rocas granodioríticas; en gris, patrón comparativo de las rocas monzograníticas. B) Rocas monzograníticas y tren comparativo, en gris, de las rocas granodioríticas

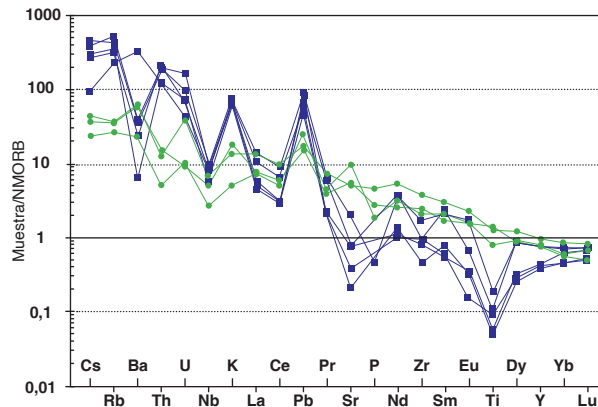


Figura 25. Diagrama NMORB correspondiente a rocas de dique del Monzogranito de Rionegro

4.3. Discriminación de ambiente tectónico

En los diagramas de Pearce (2008) y Harris *et al.* (1986) (figura 26), las rocas y diques se proyectan en el ambiente de arcos volcánicos. Las rocas graníticas y diques ácidos se concentran en un tren paralelo por encima de la zona MORB-OIB, en el campo asociado a zonas de subducción relacionadas con márgenes continentales. Cerca de la zona MORB-OIB se localizan rocas de diques básicos. La variación de patrones en las facies granodiorítica y monzogranítica y en los diferentes diques sugiere una posible generación de varios pulsos que en conjunto tienen una firma geoquímica predominantemente calcoalcalina alta en K.

En los diagramas de Whalen *et al.* (1987) (figura 27A) y Chappell y White (1974) (figura 27B) las rocas se agrupan en los campos de magmas de tipo I. En el diagrama de Frost *et al.* (2001) (figura 27C) las muestras se localizan en el límite entre los grupos de magmas magnesianos y ferrosos; sin embargo, hay mayor afinidad del Monzogranito de Rionegro con los magmas de tipo magnesiano. Este tipo de magmas presentan una composición general calcoalcalina entre el rango de rocas tonalitas-granodioritas-granitos, entre las series metaaluminosa y peraluminosa, están asociados a arcos y ambientes de poscolisión y se relacionan con un origen derivado de la fusión parcial de la corteza continental bajo condiciones oxidantes (Frost y Frost, 2008).

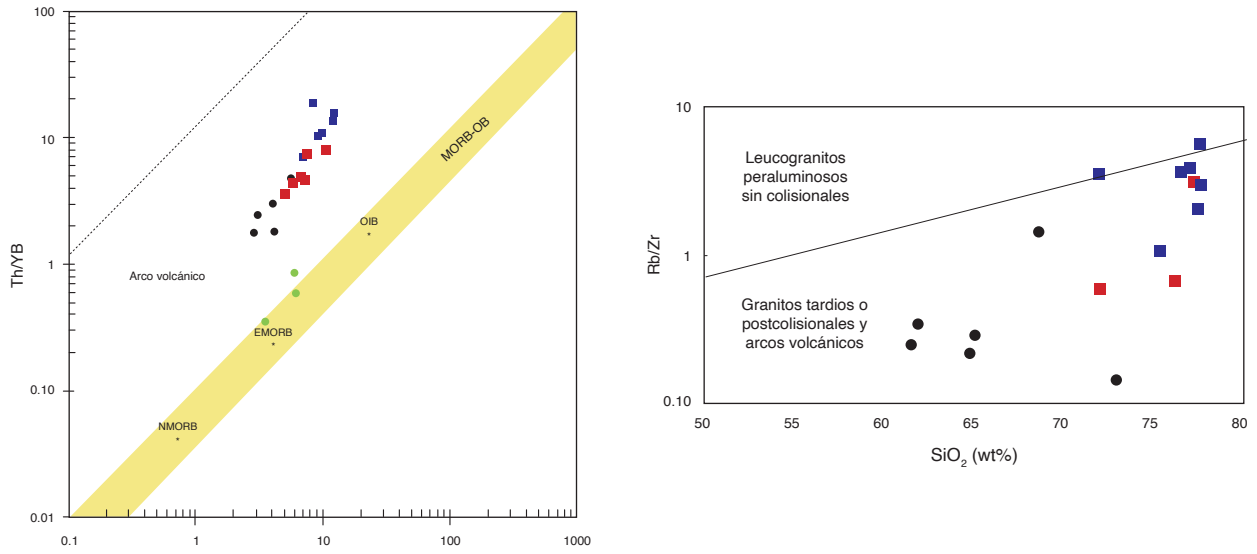


Figura 26. Discriminación de ambiente geotectónico correspondiente al Monzogranito de Rionegro. Símbolos como en la figura 17. A) Diagrama de discriminación tectónica de Pearce (2008). B) Diagrama de Harris *et al.* (1986)

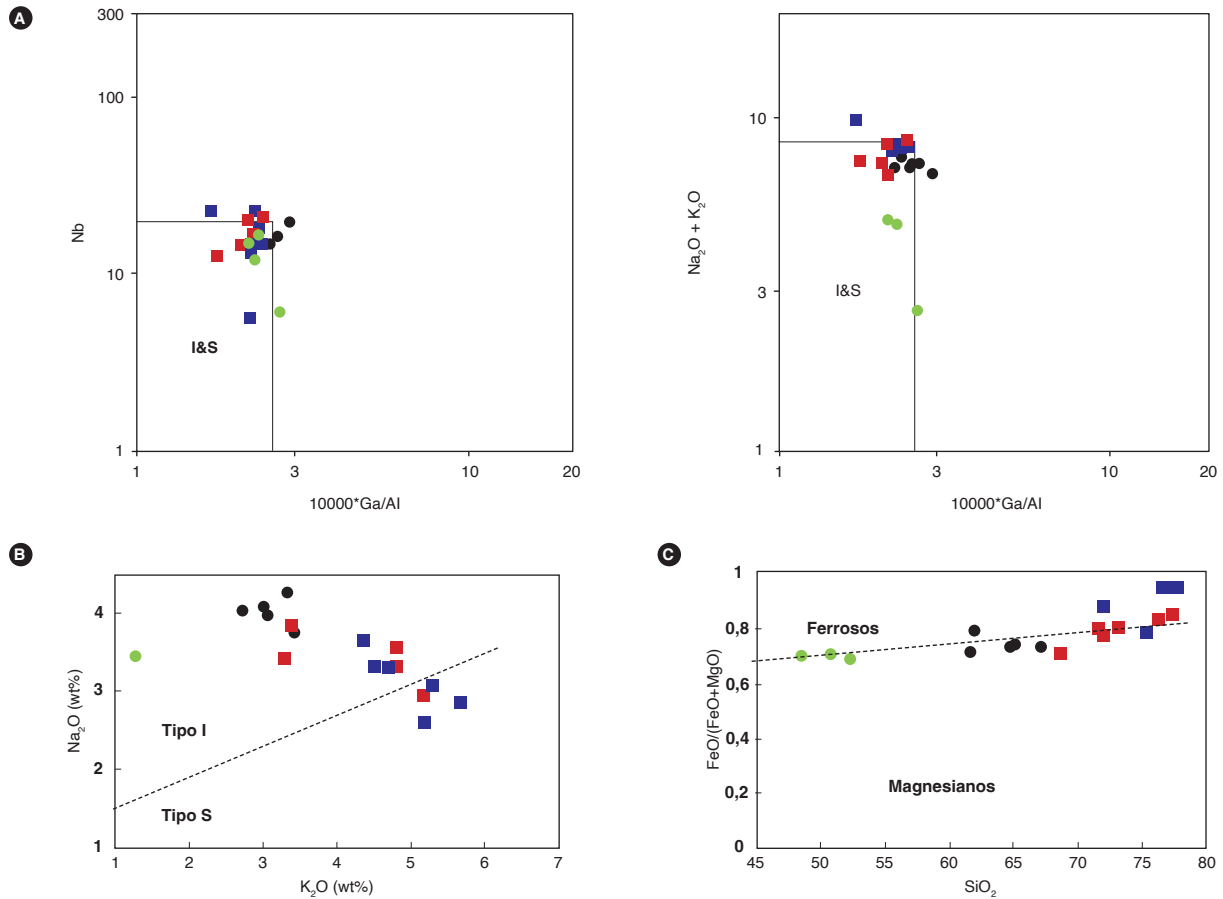


Figura 27. Diagramas discriminantes del tipo de granito correspondiente al Monzogranito de Rionegro. A) Diagrama de Whalen *et al.* (1987). B) Diagrama de Chappell y White (1974) (granitos tipo I, S, A). C) Diagrama de Frost *et al.* (2001) de discriminación de granitoides tipo I y S. D) Diagrama de Frost y Frost (2008)

5. Edad

En el presente trabajo se realizaron nueve dataciones isotópicas U-Pb en circón del Monzogranito de Rionegro y diques asociados (tabla 11), en conjunto con los laboratorios de estudios isotópicos del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Laboratorio de Ablación Láser del Servicio Geológico Colombiano, en Bogotá. La concentración de minerales pesados, separación de la fracción no magnética y selección de los circones se realizó en el Laboratorio Químico del Servicio Geológico Colombiano, sede Medellín, donde además se realizó el montaje de las probetas en la resina epóxica y el pulido de cristales de las muestras enviadas al Laboratorio de Ablación Láser del Servicio Geológico Colombiano.

En los trabajos de cartografía de las planchas 86 y 109 se correlacionan dos cuerpos de granodioritas asociadas al Monzogranito de Rionegro (Arias y Vargas, 1978; Ward *et al.*, 1973); sin embargo, Van der Lelij (2013) reporta edades U-Pb en circón en estas dos unidades: una edad de $443,4 \pm 3,2$ Ma para el cuerpo de granodiorita expuesta en la plancha 86-Ábrego, y una edad de $196 \pm 1,1$ Ma para el cuerpo de granodiorita cartografiado en la plancha 109, y muestra que se trata de cuerpos independientes sin relación alguna, por lo que en este trabajo los análisis petrográficos, químicos y geocronológicos de las facies granodioríticas se limitan a la unidad de la plancha 109, en cercanías del municipio de Rionegro.

Goldsmith *et al.* (1971) reporta dos dataciones por el método K-Ar, de 177 ± 6 Ma y 172 ± 6 Ma en rocas clasificadas como granodioritas porfíricas localizadas unos 13 km hacia el noreste del municipio de Rionegro, en cercanías del municipio de Santa Cruz.

Por su parte, Daconte y Salinas (1980) asignan al Batolito de Rionegro un rango de edad Jurásico-Triásico, por correlación con otras rocas ígneas del Macizo de Santander en las que se identificó un evento térmico entre 198 ± 8 y 160 ± 30 Ma.

Al sur del municipio de Ocaña, Van der Lelij (2013) obtuvo una edad U-Pb de $195,8 \pm 1,5$ Ma en circón en un granito alcalino. Cerca del lugar de esta datación, Ordóñez Carmona (2001) obtuvo una edad isocrónica Rb-Sr de 268 ± 26 Ma, con una razón inicial de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de $0,7007 \pm 0,003$, que, según el autor, no tiene validez geológica, porque la razón inicial tan baja de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sugiere que la roca puede ser más joven que 268 Ma. Este autor también presentó los resultados de análisis isotópicos de los sistemas Nd y Sr de varias muestras del Batolito de Ocaña (tabla 12), con razones isotópicas iniciales calculadas para una edad de 268 Ma.

En el presente estudio se recalcularon las razones iniciales y los valores de ϵNd de las mismas muestras (tabla 13), tomando como base la edad de 196 Ma presentada por Van der Lelij (2013), que fue obtenida en una muestra ubicada al sureste de las muestras analizadas por Ordóñez Carmona (2001).

Tabla 11. Muestras del Monzogranito de Rionegro con análisis de geocronología

| IGM | N. campo | W | N | Localización | PL | Clasificación | Laboratorio |
|------------------------------|----------|---------|---------|-------------------------------|-----|----------------------|-------------|
| Facies monzogranítica | | | | | | | |
| 900973 | GR-6743 | 1083832 | 1397462 | Ocaña-Ábrego | 86 | Monzogranito | UNAM |
| | 10VDL54* | 1085710 | 1394475 | Ocaña | 86 | Granito alcalino | |
| Facies granodiorítica | | | | | | | |
| 900985 | GZ-6848A | 1094479 | 1337675 | Vía Primavera-Cáchira | 97 | Granodiorita | SGC |
| Saprolito | JGB-462 | 1105322 | 1287011 | Rionegro, Qda. La Pajuda | 109 | Cuarzomonzonita | UNAM |
| | 10VDL59* | 1102855 | 1297665 | Rionegro | 109 | Tonalita | |
| 900952 | MIA-648B | 1104858 | 1301287 | Rionegro, vereda Valparaíso | 109 | Granodiorita | SGC |
| Diques | | | | | | | |
| 900951 | MIA-648A | 1104858 | 1301286 | Rionegro, vereda Valparaíso | 109 | Riolita porfídica | SGC |
| 901011 | MIA-650B | 1099016 | 1313298 | Rionegro, vía Las Rocas | 109 | Sienogranito | UNAM |
| Saprolito | MIA-657A | 1077093 | 1408339 | Ocaña-Río de Oro | 76 | Microdiorita | SGC |
| 900998 | LMC-082 | 1087835 | 1343412 | Rionegro, vereda Pueblo Nuevo | 97 | Dique diorita | SGC |
| Unidad diorita | | | | | | | |
| 900999 | LMC-084 | 1088409 | 1339422 | Rionegro, vereda Pueblo Nuevo | 97 | Granodiorita con Hbl | SGC |

* Van Der Lelij (2013)

Tabla 12. Resultados isotópicos Rb-Sr y Sm-Nd de las rocas del Batolito de Ocaña

| Muestra | ¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd | ¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd | ECHUR(o) | ECHUR(T) | TDM(Ma) | T (Ma) | ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr | ⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr | RiSr |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|--------------|---------|--------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Batolito de Ocaña | | | | | | | | | |
| BOC-1 | 0,512341 | 0,1291 | -5,79 | -3,48 | 1255 | 268 | 0,73750 | 9,6723 | 0,70062 |
| BOC-2 | 0,512318 | 0,1264 | -6,24 | -3,84 | 1256 | 268 | 0,72874 | 7,4091 | 0,70049 |
| BOC-3 | 0,512274 | 0,1222 | -7,10 | -4,55 | 1271 | 268 | 0,73118 | 7,8942 | 0,70108 |
| BOC-4 | 0,512292 | 0,1186 | -6,75 | -4,08 | 1196 | 268 | 0,72917 | 7,4416 | 0,70080 |

Fuente: Carmona (2001) y este trabajo

Tabla 13. Valores de ECHUR (T) y RiSr correspondientes a muestras de la tabla anterior recalculados a 196 Ma

| Muestra | ¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd | ¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd | ECHUR(o) | ECHUR(T) | TDM(Ma) | T (Ma) | ⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr | ⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr | RiSr |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|----------|---------|--------|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| Bat. de Ocaña | | | | | | | | | |
| BOC-1 | 0,512341 | 0,1291 | -5,79 | -4,10 | 1255 | 196 | 0,73750 | 9,6723 | 0,71054 |
| BOC-2 | 0,512318 | 0,1264 | -6,24 | -4,49 | 1256 | 196 | 0,72874 | 7,4091 | 0,70809 |
| BOC-3 | 0,512274 | 0,1222 | -7,10 | -5,24 | 1271 | 196 | 0,73118 | 7,8942 | 0,70918 |
| BOC-4 | 0,512292 | 0,1186 | -6,75 | -4,80 | 1196 | 196 | 0,72917 | 7,4416 | 0,70843 |

Los valores de εNd a 196 Ma varían levemente con relación a los calculados con 268 Ma, haciéndose un poco más negativos, mientras que las razones iniciales de ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr se incrementan significativamente, mostrando valores altos de esta razón, entre 0,70843 y 0,71054 a 196 Ma. Estas características isotópicas de Nd y Sr sugieren gran aporte de material cortical en los magmas a partir de los cuales cristalizaron las rocas de Batolito de Ocaña. Los valores recalculados de la razón inicial de Sr a 196 Ma confirman la interpretación realizada por Ordóñez Carmona (2001) de que las rocas podrían tener una edad menor de 268 Ma.

Las mediciones isotópicas y de elementos traza elaboradas en el Laboratorio de Estudios Isotópicos del Centro de Geociencias de la UNAM se lograron por medio de un espectrómetro de masa con plasma inductivamente acoplado (LA-ICPMS), siguiendo los procedimientos de Pérez *et al.* (2010). En el Laboratorio de Ablación Láser del Servicio Geológico Colombiano los análisis fueron realizados en un láser Photon Machines eximero de 193 nm y un espectrómetro ICP-MS Element 2. Los patrones de referencia utilizados fueron Plesovice, 91500 y M. Dromedry, y los resultados de ambos laboratorios se calcularon al 2 sigma absoluto (anexo 2).

Para la datación de las muestras, en primera instancia se realizó el análisis estadístico de los datos obtenidos teniendo en cuenta la relación $[(^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) - (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U})] / (^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}) * 100$, con el fin de calcular valores concordantes en edades menores de 800 Ma. De esta manera se establecieron como parámetro de corte (*cutoff*) los cristales que en la mayoría de las muestras presentan dis-

cordancia mayor del 10% e incertidumbre mayor del 5%. Los gráficos de concordia y edad promedio se elaboraron en el software Isoplot/Ex vers. 4.1.5 (Ludwig, 2008).

Bajo luz transmitida, los circones presentan en general formas euédrales a subeuédrales. Predominan los cristales bipiramidales alargados, y algunos son prismáticos cortos, tienen tonalidades amarillo a incoloro y son poco frecuentes los que contienen inclusiones. Los tamaños de los cristales varían entre 80 y 120 μm, pero la mayoría son de alrededor de 100 μm. Bajo CL (figura 28), los circones exhiben buena luminiscencia; son comunes los zonamientos oscilatorios asociados con crecimientos magmáticos (Corfu *et al.*, 2003), como se presenta en el punto 22 de la muestra MIA-657 A. Algunas zonaciones son interrumpidas por crecimientos más recientes. Algunos cristales muestran xenocristales o núcleos heredados de formas redondeadas y menos luminiscentes rodeados por zonamientos (punto 2 de la muestra GZ-6848 A).

La muestra 900973 (GR-6743) es una roca de monzogranito colectada sobre la vía que conduce de Ábrego a Ocaña. Se tomaron 35 circones, de los cuales en el procesamiento de los datos fueron descartados tres análisis de circones con discordancias mayores del 10% y errores mayores del 5%, así que finalmente se trabajó con 32 análisis. El contenido de U está entre 62,8 y 630 ppm y de Th entre 64,8 y 1.240 ppm; la relación Th/U varía entre 0,61 y 1,94. El diagrama de concordia (figura 29), muestra una concentración de análisis concordantes cerca de los 200 Ma, un circón discordante con una edad de 212,7 Ma y otro con una edad 230,9 Ma, posiblemente

heredado. El diagrama de la media ponderada arroja una edad de $195,9 \pm 1,6$ Ma con un MSWD = 4, considerada como la edad representativa de cristalización de la roca (figura 29).

La muestra 900985 (GZ-6848A) corresponde a una granodiorita tomada en el sector de la vereda La Primavera, sobre la vía hacia el municipio de Cáchira. Se analizaron 38 circones, de los cuales fueron retirados siete análisis por presentar valores de discordancia mayores del 10% y errores mayores del 5%, así que finalmente se interpretaron 31 circones. Cinco de ellos reportan eda-

des del Ordovícico (451 Ma), Neoproterozoico (877,9 y 993,40 Ma) y Mesoproterozoico (1.035,21 y 1.143,33 Ma), con relaciones menores de Th/U entre 0,04 y 0,2

La mayoría de los circones son concordantes, se concentran en el rango de edades de 190 a 210 Ma (figura 30) y muestran una relación de Th/U mayor que los granos heredados (entre 0,55 a 2,8). En el diagrama del cálculo de la media por la desviación estándar, la edad promedio de cristalización es de $196,6 \pm 2,1$ Ma, con un MSWD de 2,7 (figura 30).



Figura 28. Imágenes de catodoluminiscencia (CL) correspondientes a diferentes muestras de circones de rocas del Monzogranito de Rionegro y diques. Se muestra la estructura concéntrica de los circones, la forma prismática y los puntos de ablación.

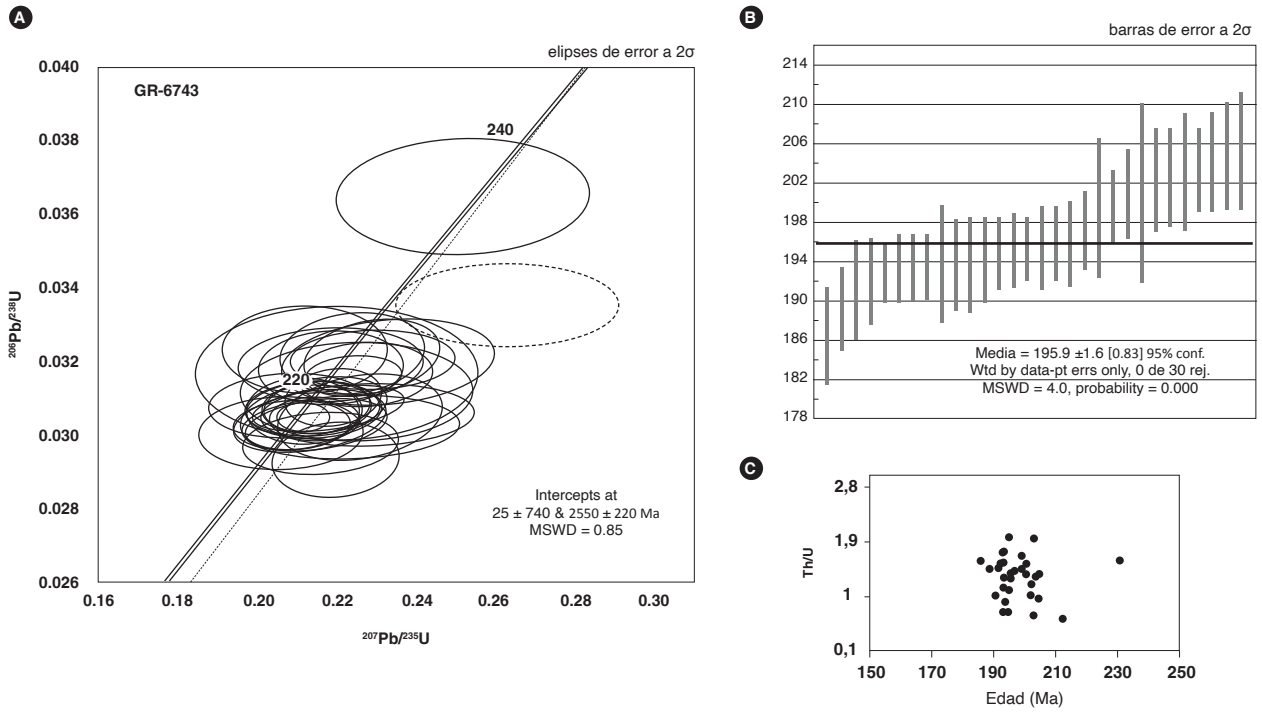


Figura 29. Edad de la Muestra 900973 (GR-6743). A) Diagrama de concordia correspondiente a la muestra B) Edad promedio ponderada. C) Gráfico de relación Th/U vs. edad

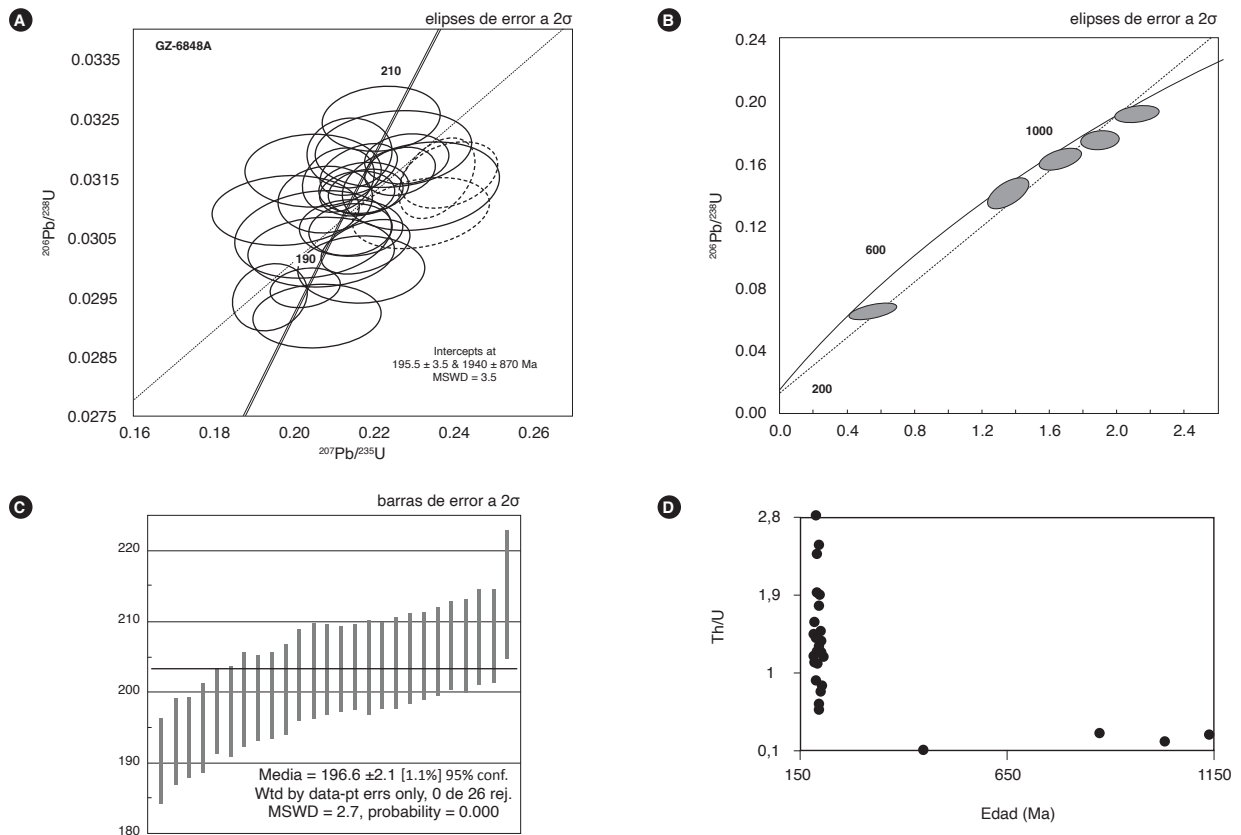


Figura 30. Edad de la muestra 900985 (GZ-6848A). A) Diagrama de concordia. B) Gráfico de concordia correspondiente a la muestra GZ-6848A. C) Edad promedio ponderada de la muestra GZ-6848A. D) Gráfico de relación Th/U vs. edad correspondiente a la muestra GZ-6848A

La muestra JGB-462 corresponde a un saprolito de cuarzomonzonita colectado sobre la vía Bucaramanga-Rionegro, cerca de la escuela San Cayetano. Fueron seleccionados 35 circones, de los cuales ocho fueron retirados durante el procesamiento de los datos por presentar discordancias mayores del 10% y errores que superaban el 5%. Los 27 circones restantes se concentraron de manera concordante en la curva de Wetherill, en un rango de edad de entre 187 y 205 Ma (figura 31). Tienen concentraciones de U entre 53 y 1.021, y Th entre 66 y 858; presentan relaciones Th/U entre 0,62 y 3,1. El diagrama del cálculo de la media muestra una edad promedio de cristalización de $197,2 \pm 1,5$ Ma, con un MSWD de 3.

Para constituir la muestra MIA-648B, colectada en la vereda Valparaíso, municipio de Rionegro, fueron seleccionados 64 circones, de los cuales 50 tienen valores de discordancia menor del 15% y errores menores del 5,6%. Las edades arrojadas por los circones varían entre 197 y 320 Ma; la edad promedio ponderada que arroja

la muestra 900952 (MIA-648B), clasificada como granodiorita, es de $214,5 \pm 2,7$ Ma ($n = 44$), con MSWD de 1,15, que se considera de cristalización de esta roca, aunque el gráfico de densidad de probabilidad forma dos picos; el primero de ellos corresponde a una edad promedio de $207,3 \pm 1,6$ Ma ($n = 23$), con un MSWD de 0,67, que podría corresponder a la edad ponderada final de cristalización de la roca; el segundo pico arroja una edad ponderada de $221,8 \pm 2,0$ Ma ($n = 23$), con MSWD de 1,19, que podría tomarse como la edad promedio ponderada de inicio de cristalización de los núcleos de circón. Seis circones reportan edades del Triásico Medio a Inferior, que corresponden a núcleos heredados (238 a 249 Ma), dos ($n = 2$) del Pérmico (267 y 288 Ma) y uno ($n = 1$) del Carbonífero (320 Ma). Solo un análisis presenta relación Th/U $< 0,1$ y arrojó una edad de 223,8 Ma, mientras que la relación Th/U de los datos que definen la edad están entre 0,7 y 2,2 (figura 32).

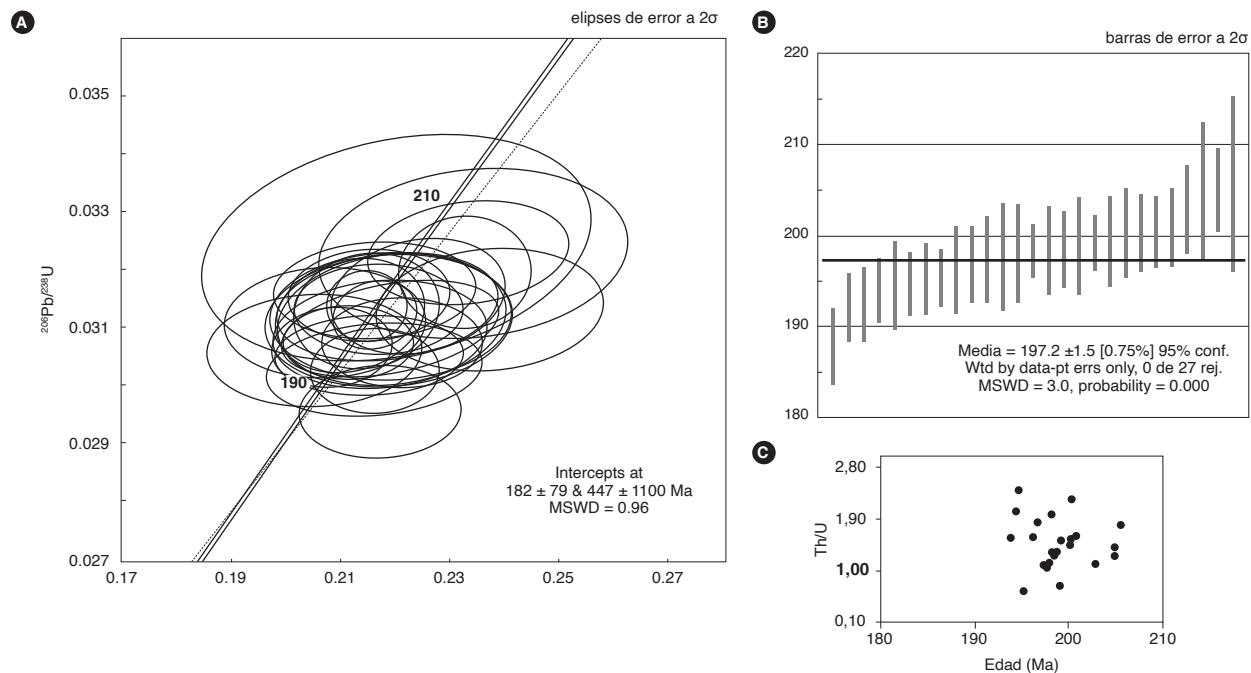


Figura 31. Edad de la muestra JGB-462. A) Diagrama de concordia. B) Diagrama del cálculo de la edad promedio ponderada correspondiente a la muestra JGB-462. C) Gráfico de relación Th/U vs. edad correspondiente a la muestra JGB-462

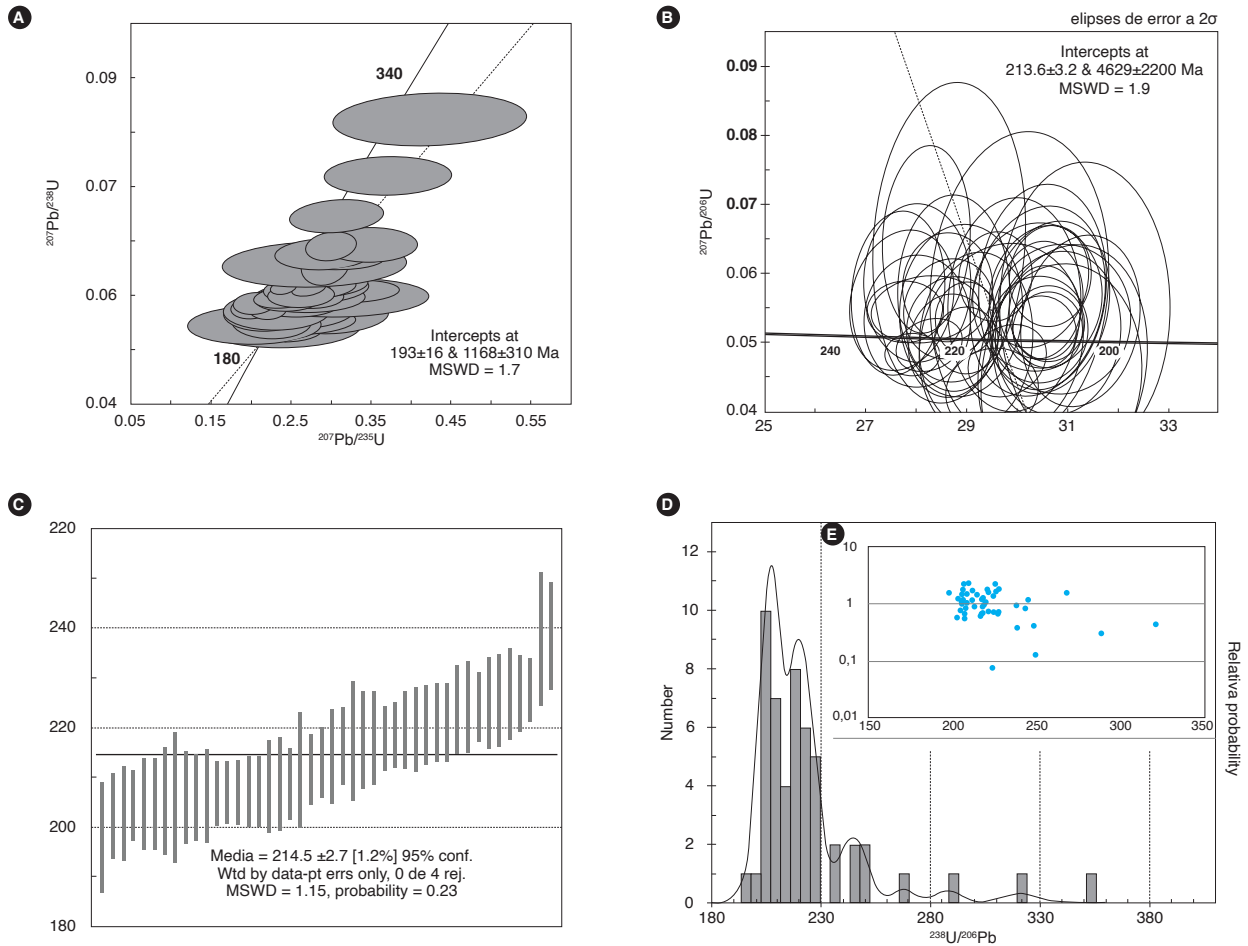


Figura 32. Edad de la muestra MIA-648B (granodiorita). A) Gráfico de concordia. B) Gráfico Tera-Wasserburg correspondiente a la muestra MIA-648B (granodiorita). C) Edad promedio ponderada correspondiente a la muestra MIA-648B (granodiorita). D) Histograma de densidad de probabilidad correspondiente a la muestra MIA-648B (granodiorita). E) Gráfico de relación Th/U vs. edad

Observando las edades individuales obtenidas por U-Pb en circón de todas las rocas y el saprolito, queda en evidencia que las edades más antiguas corresponden a la facies granodiorita (900985, 900973, JGB-462 y 900952), mientras que la facies monzogranito (900973) tiene una edad ligeramente más joven.

La muestra 900951 (MIA-648A) corresponde a una roca de dique clasificada como riolita porfídica, que se encuentra atravesando la granodiorita (900952-MIA-648B). Se separaron 47 cristales de circón, de los cuales nueve presentaban errores mayores del 5% y discordancias mayores del 10%. Los circones restantes muestran relaciones Th/U entre 0,82 a 2,48, y se concentran en el rango de edad entre 180 y 210 Ma (figura 33). Un circón arroja una edad mesoproterozoica de 1.021,67 Ma, con una relación Th/U de 0,48, y es interpretado como un

crystal heredado. La edad media ponderada es de 194,5 ± 1,2 Ma, y se considera como edad de cristalización de esta roca, con MSWD de 0,95.

La roca 901011 (MIA-650B) corresponde a un dique de sienogranito tomado cerca de la escuela Las Rocas, en el municipio de Rionegro. Se separaron 35 circones, de los cuales seis fueron retirados por presentar discordancias y errores mayores del 10% y 5%, respectivamente. Los resultados isotópicos arrojaron datos que muestran circones heredados (n = 3) concordantes a ligeramente discordantes, con edades neoproterozoicas de 924, 934 y 1.005 Ma (figura 34) y relaciones Th/U entre 1,10 y 1,60; una edad mesoproterozoica de 1.485 Ma se registró en un circón discordante, con una relación Th/U de 1,33 y cantidades de U y Th muy altas (1.390 y 1.850 ppm).

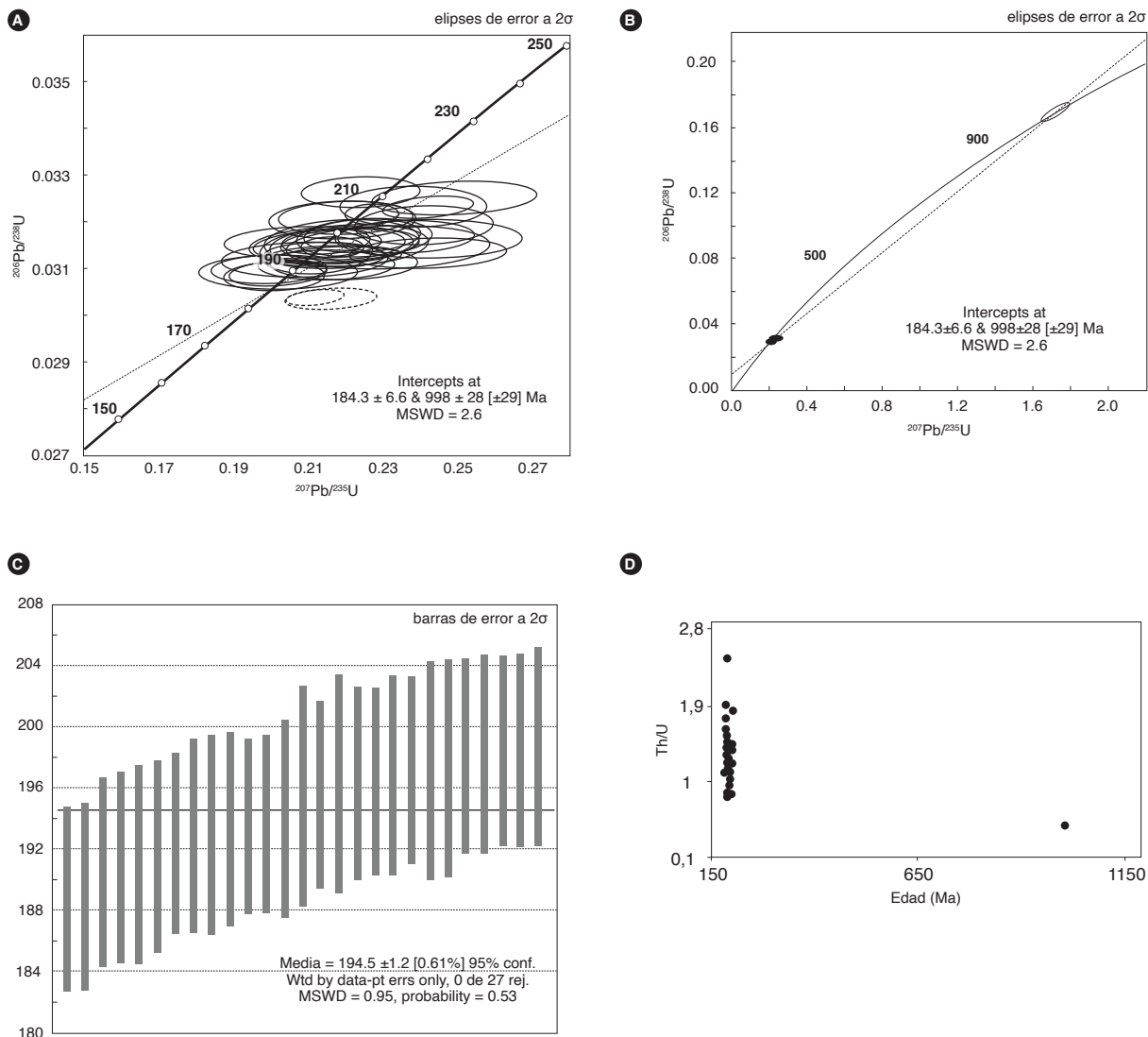


Figura 33. Edad de la muestra 900951 (MIA-648A). A) Diagrama de concordia que detalla la edad. B) Gráfico de concordia. C) Edad promedio ponderada D) Gráfico de relación Th/U vs. edad

Asimismo, se observa una concentración de datos en el rango de 167 a 209 Ma, que se divide en dos poblaciones de circones: los más jóvenes ($n = 5$), con edades de 167,1, 172,6, 174,5, 177,6 y 177,7 Ma, y edades agrupadas ($n = 19$) entre 182,2 y 196,2 Ma. Un circón presenta una edad de 209 Ma. La edad media ponderada de cristalización de la roca es de $184,1 \pm 2,3$ Ma, con MSWD de 3,6.

En el saprolito de dique microdiorítico MIA-657A, tomado sobre la vía que de Río de Oro conduce a Ocaña,

se separaron 43 cristales de circón y se retiraron dos circones del procesamiento de datos por presentar discordancias mayores del 10%. Los cristales, agrupados en un rango de edades situado entre 173,99 y 205,94 Ma, se comportan entre concordantes y discordantes, y tienen relaciones Th/U entre 0,78 y 4,35. Varios circones muestran concentraciones mayores de 1.000 ppm de U. La edad ponderada es de $186,7 \pm 1,9$ Ma, y el MSWD, de 5 (figura 35).

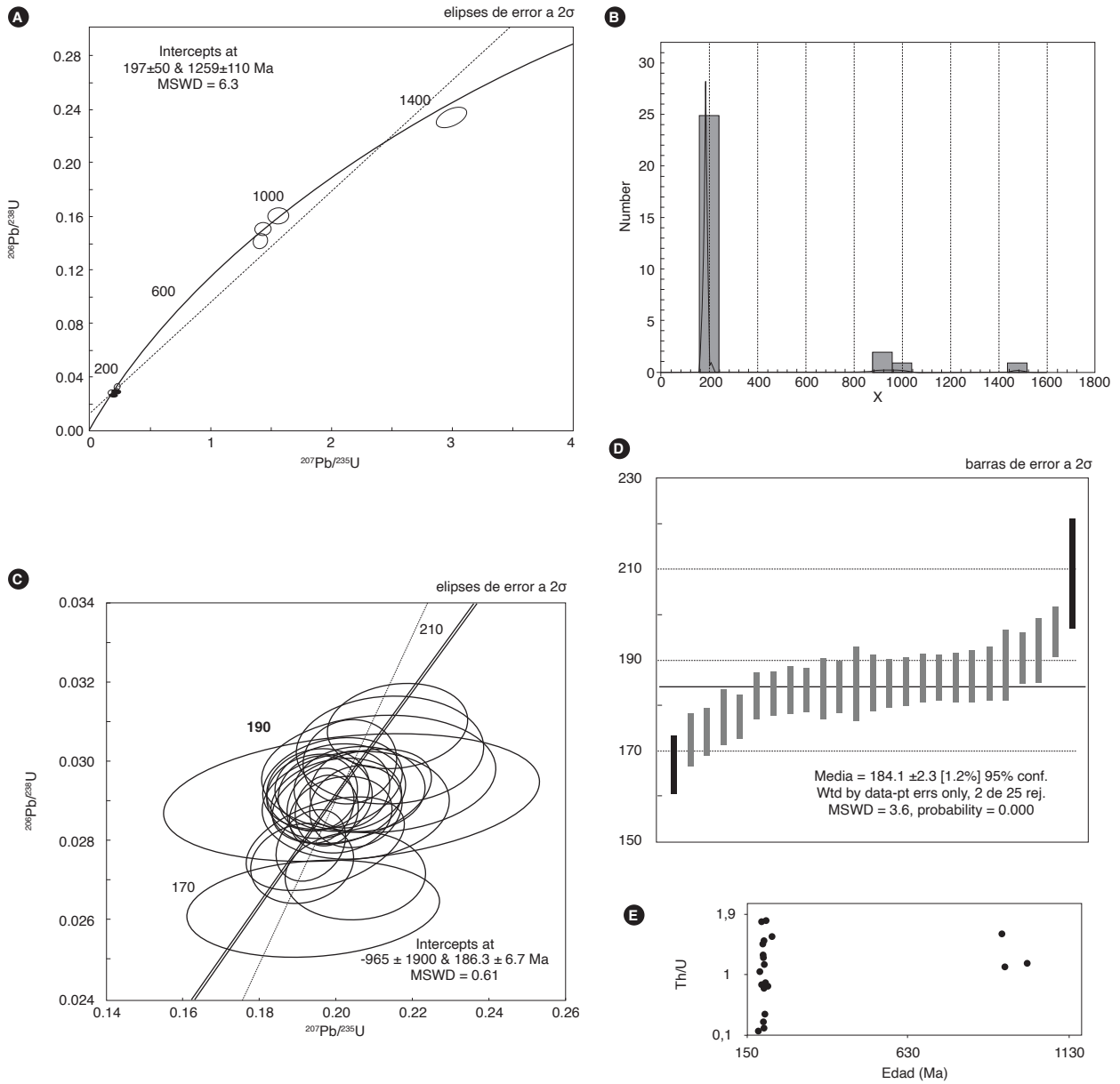


Figura 34. Edad de la muestra de dique 901011 (MIA-650B). A) Diagrama de concordia completo. B) Histograma de densidad de probabilidad C) Gráfico de concordia detallado. D) Edad promedio ponderada. E) Gráfico de relación Th/U vs. edad

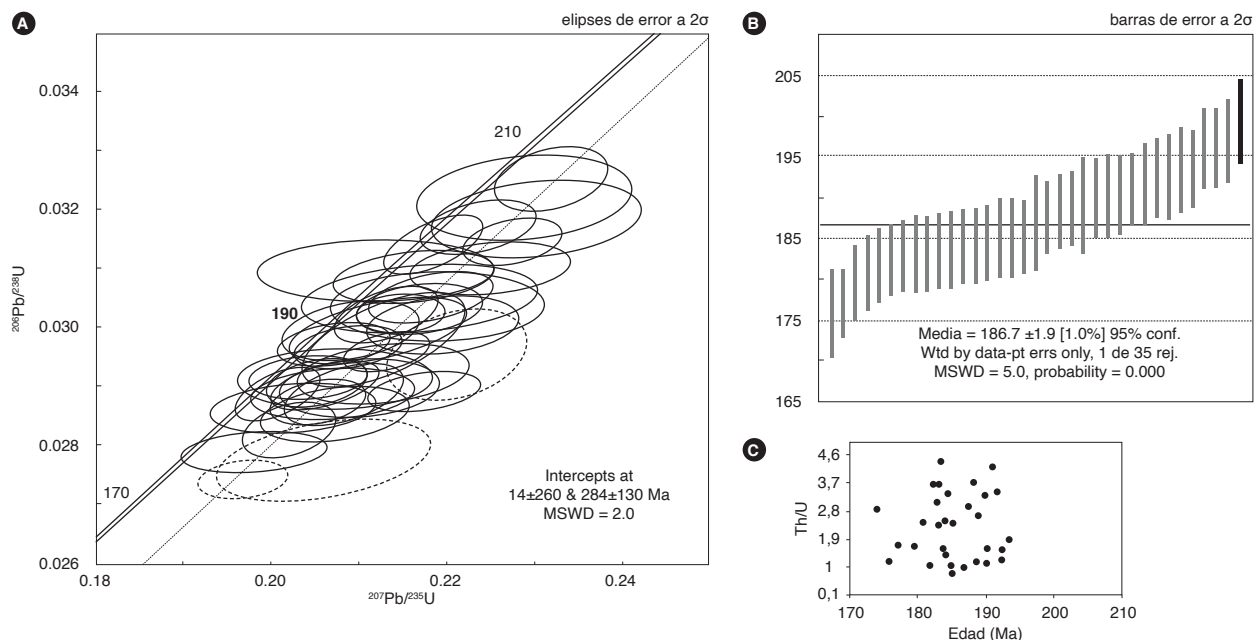


Figura 35. Edad de la muestra de dique MIA-657^a. A) Diagrama de concordia. B) Diagrama del cálculo de la edad promedio ponderada. C) Gráfico de relación Th/U vs. edad

La roca 900998 (LMC-082) corresponde a un dique de diorita tomada en la vereda Pueblo Nuevo, municipio de Rionegro. Se separaron 45 circones. Discordancias mayores del 10% y errores mayores del 5% se reportaron en 18 circones, que fueron retirados del procesamiento de los datos. Las relaciones Th/U varían entre 0,72 y 2,78. De los circones restantes, nueve son discordantes; los demás se agrupan de manera concordante a ligeramente discordante en el rango de edad de 184,33 a 200,5 Ma. En el diagrama de la edad media ponderada se presenta una edad de 189,9 ± 1,6 Ma (figura 36).

La muestra 900999 (LMC-084) se colectó cerca de la roca LMC-082 anteriormente descrita, en el sector centro-occidental del Monzogranito de Rionegro. Por sus características petrográficas y geoquímicas difiere de las rocas granodioríticas del plutón y es considerada como parte de la unidad cuarzomonzodiorita, teniendo

en cuenta las observaciones de campo (figura 3); esta relación es corroborada por la edad U-Pb obtenida, como se muestra en la figura 37.

Se separaron cincuenta cristales de circón, y se retiraron del procesamiento e interpretación aquellos datos con discordancias mayores del 15% y errores mayores del 5% (n = 9). Los circones restantes muestran una relación Th/U entre 0,88 y 3,77, tienen un comportamiento concordante a ligeramente discordante en un rango de edad de 190 a 211 Ma. Diez circones fueron catalogados como discordantes. Un circón tiene una edad concordante de 231,89 Ma. El gráfico de la media ponderada arroja una edad de 200,8 ± 1,9 Ma, que se interpreta como la edad de cristalización.

Los datos de geocronología U-Pb en circón correspondientes al Monzogranito de Rionegro se resumen en la tabla 14.

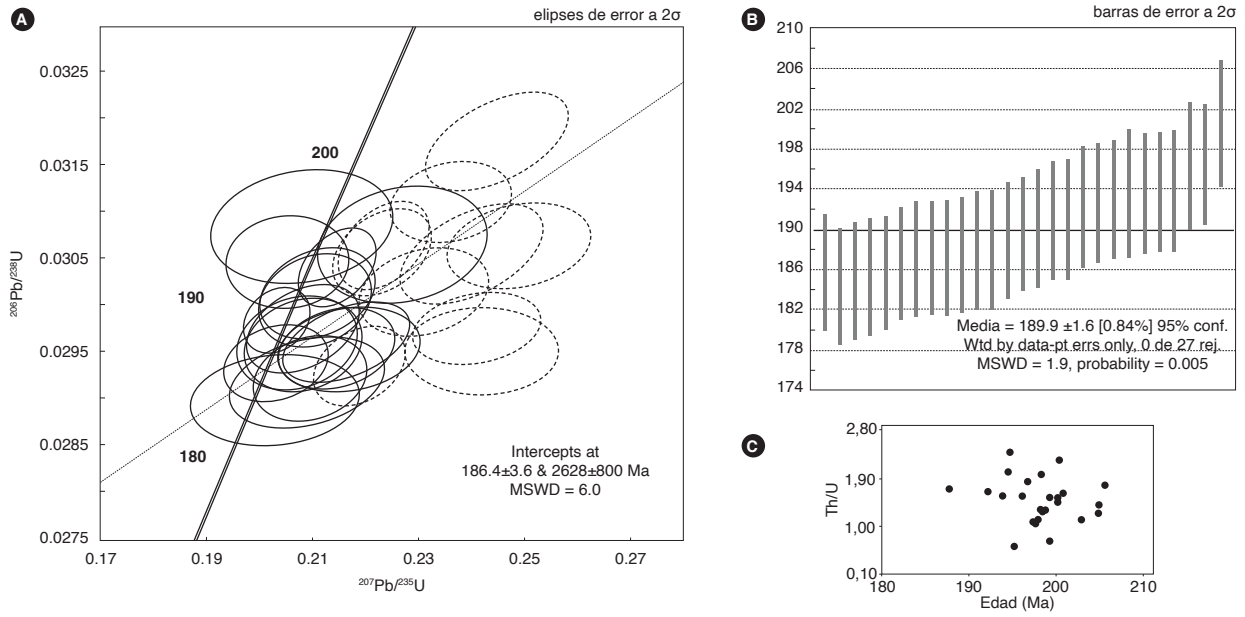


Figura 36. Edad de la muestra de dique LMC-082. A) Diagrama de concordia. B) Diagrama del cálculo de la edad promedio ponderada. C) Gráfico de relación Th/U vs. edad

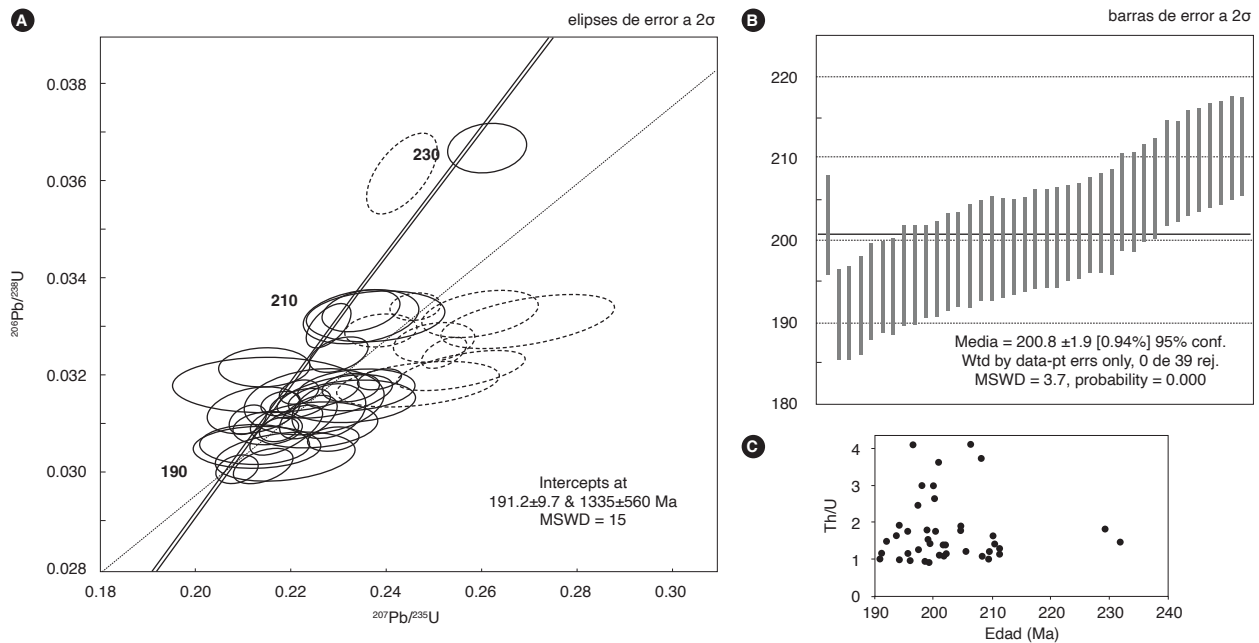


Figura 37. Edad de la roca LMC-084. A) Diagrama de concordia y circones típicos de esta muestra. Las líneas punteadas corresponden a edades discordantes eliminadas. B) Diagrama del cálculo de la edad promedio ponderada. C) Gráfico de relación Th/U vs. edad

Tabla 14. Dataciones U-Pb en circón del Monzogranito de Rionegro

| IGM | N. campo | Edad (Ma) | Edad heredada |
|-----------|----------|-------------|-------------------------------------|
| 900973 | GR-6743 | 195,9 ± 1,6 | |
| | 10VDL54* | 195,8 ± 1,5 | |
| 900985 | GZ-6848A | 196,6 ± 2,1 | 451-877,9-993,40-1035,21-1143,33 Ma |
| Saprolito | JGB-462 | 197,2 ± 1,5 | |
| | 10VDL59* | 196 ± 1,1 | |
| 900952 | MIA-648B | 214,5 ± 2,7 | 238-249, 267, 288, 320 |
| 900951 | MIA-648A | 194,5 ± 1,2 | 1021,67 Ma |
| 901011 | MIA-650B | 184,1 ± 2,3 | 924-934-1005-1485 Ma |
| Saprolito | MIA-657A | 186,7 ± 1,9 | |
| 900998 | LMC-082 | 189,9 ± 1,6 | |
| 900999 | LMC-084 | 200,8 ± 1,9 | |

Fuente: este trabajo, * Van des Lelij (2013)

5.1. Geoquímica de elementos traza en circones

El análisis de ICP-MS de los circones enviados al Laboratorio de Geocronología de la UNAM determinó la abundancia de los elementos traza en cada circón (anexo 3 y figura 38). Los valores de REE se normalizaron a condrito (McDonough y Sun, 1995) y se calcularon las relaciones Pm* y Tm* de cada uno de ellos.

En general, los valores de Th y Pb en ppm de los circones de las muestras GR-6743, JGB 462 y MIA-650B están en los rangos característicos de granitos tipo I, que según Wang *et al.* (2012) se caracterizan por presentar bajas concentraciones de Pb y altas relaciones Th/Pb. Los circones 040 y 036 de la roca GR-6743 se sitúan en el borde del campo de granitos tipo A, correspondientes a

circones con edades de 212,7 y 203,1 Ma, mayores que la media ponderada de esta roca.

Asimismo, los circones 010 y 05 de la muestra MIA-650B se dispersan del conjunto de datos con menores valores de Th. Estos circones corresponden a cristales con edades heredadas de 924 y 1485 Ma, respectivamente.

Hay concentraciones menores en las REE desde La, Pr, Nd, Pm* y Sm, excepto en el Ce, que describe una anomalía positiva, de acuerdo con Nardi *et al.* (2013), y que se debe a la incorporación de Ce⁴⁺ en sustitución de Zr⁴⁺ en la estructura cristalina del circón, ligeras anomalías negativas de Eu y enriquecimientos hacia las REE pesadas.

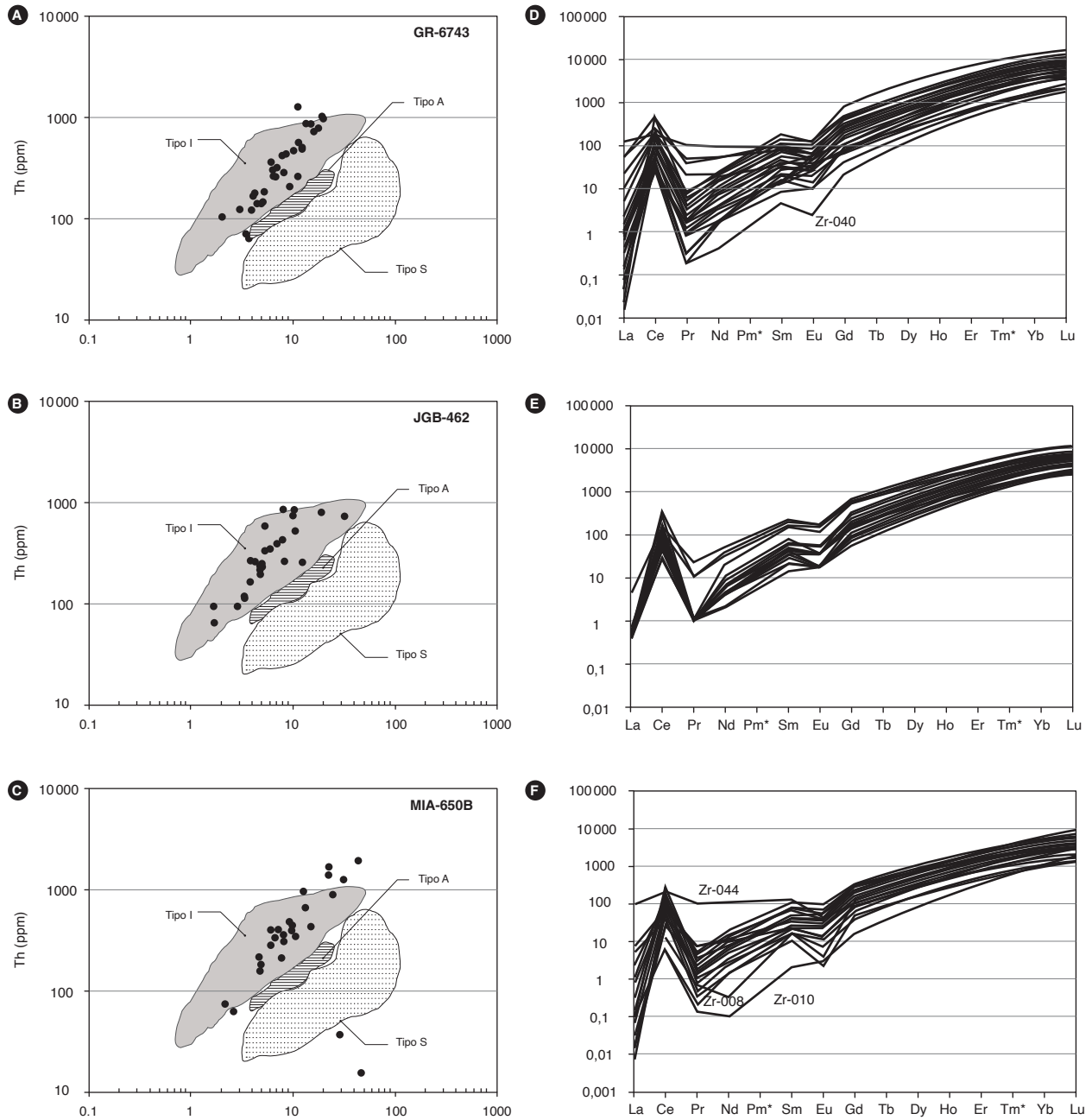


Figura 38. Diagramas de clasificación de granitos y diagramas multielementales a partir de la química del circón. A, B, C) Tipo de magma según los valores de Th y Pb (diagrama de Wang *et al.*, 2012), en circones de las muestras GR-6743, JGB-462 y MIA-650B, respectivamente, del Monzogranito de Rionegro. D, E, F) Patrones de los elementos de las tierras raras REE normalizados según el condrito de McDonough y Sun (1995) en circones de las muestras GR-6743, JGB-462 y MIA-650B, respectivamente

6. Correlaciones

El Monzogranito de Rionegro hace parte del magmatismo triásico-jurásico que se emplazó en el basamento metamorfo del Macizo de Santander y cuya correlación se extiende tanto a los cuerpos subvolcánicos porfídicos como a cuerpos plutónicos de composición granítica, entre los que se encuentra el Monzogranito de La Corcova (Goldsmith *et al.*, 1971; Rodríguez *et al.*, 2016), la tonalita y Granodiorita de Páramo Rico (Ward *et al.*, 1973), el Batolito de Mogotes (Ward *et al.*, 1973, Correa *et al.*, 2016), el Granito de Pescadero (Ward *et al.*, 1973, Zapata *et al.*, 2016) y pequeños plutones subvolcánicos, como las Riolitas de El Uvo (Zapata *et al.*, 2018), la Riolita de San Joaquín (Rodríguez *et al.*, 2018) y la Riolita del Alto Los Cacaos (Correa *et al.*, 2018).

7. Localidad tipo

La sección tipo del Monzogranito de Rionegro se encuentra en la vía que conduce del municipio de La Esperanza hacia La Vega, en la plancha 97. Se proponen como secciones alternas las expuestas en las vías caserío La Ceiba-El Filo y vereda El Mambo-Misijuay, en la plancha 109.

8. Génesis

El Monzogranito de Rionegro presenta mineralogía característica de granitoides tipo I, como son la presencia de feldespato potásico de color rosado, biotita parda, hornblenda con núcleos de clinopiroxeno y presencia de magnetita e ilmenita; además, presenta gabarros (xenolitos) de rocas ígneas intermedias con presencia de hornblenda. La química de rocas lo clasifica en el campo de los granitos tipo I, peraluminosos, y la geoquímica de elementos traza en circones lo sitúa en el campo de los granitos tipo I.

Las características macroscópicas y microscópicas del Monzogranito de Rionegro, como texturas equigranulares e inequigranulares, son indicativas de un emplazamiento epizonal del cuerpo, en un basamento metamórfico.

Los monzogranitos están constituidos por ortosa pasando a microclina peritítica, característica en rocas plutónicas que se forman en ambientes de temperaturas intermedias.

La química mineral obtenida en cristales de biotita, relacionada a una roca de monzogranito de la facies principal del plutón, se asocia a rocas de series calcoalcalinas orogénicas, de acuerdo con el diagrama de Abdel

Rahman (1994), resultado que es concordante con la química de óxidos mayores que clasifica las rocas como subalcalinas de la serie calcoalcalina alta en K y peraluminosas.

El Monzogranito de Rionegro presenta al menos tres facies, y predominan los monzogranitos sobre las granodioritas y las cuarzomonzodioritas. Las dataciones U/Pb sugieren que algunas de estas facies representan pulsos y cuerpos de diferente edad, que podrían ser separados de la unidad principal, como es el caso del cuerpo de granodiorita que aflora en los alrededores del municipio de Rionegro, que arrojó una edad de 214 Ma. Presenta diques de monzogranitos, riolitas, andesitas y microdioritas, indicativos de eventos magmáticos posteriores a la cristalización de la masa principal del plutón con edades más jóvenes, cercanas a 184 Ma.

El Monzogranito de Rionegro presenta enriquecimiento en tierras raras livianas (LREE) de más de cien veces respecto al valor del condrito, que se va empobreciendo progresivamente hacia las tierras raras pesadas (HREE), comportamiento normal en rocas generadas en ambientes de subducción. Las diferentes litologías del Monzogranito de Rionegro en los diagramas multielementales de elementos traza normalizados al NMORB presentan anomalías negativas de P, Ti y Nb y enriquecimientos en las LILE (Cs, Rb, Ba), algo típico en rocas ígneas generadas en ambientes de arco.

La presencia de circones heredados del Proterozoico en rocas monzograníticas indica aporte de corteza continental a los fundidos que dieron origen al Monzogranito de Rionegro. Además, los valores de ϵ_{Nd} a 196 Ma y las razones iniciales de $^{87}Sr/^{86}Sr$ muestran valores altos, entre 0,70843 y 0,71054, que corresponden a características isotópicas que apoyan el aporte de material cortical a los magmas que dieron origen a las rocas del Monzogranito de Rionegro.

9. Recursos minerales

No se conocen mineralizaciones asociadas al Monzogranito de Rionegro, aunque el desarrollo de saprolito espeso de contextura arenosa permite la extracción local de material que se utiliza en la construcción como arena de pega.

Conclusiones

Este catálogo, que constituye un aporte al conocimiento cartográfico del cuerpo plutónico, presenta nueva infor-

mación del Monzogranito de Rionegro en los aspectos petrográfico, químico, mineral, litogeoquímico y geocronológico.

Se determinó que el cuerpo es un granito formado por varios pulsos magmáticos, que incluye diques más jóvenes y cuerpos de granodioritas más antiguos que la litología granítica principal.

El Monzogranito de Rionegro está constituido por monzogranitos granodioritas, sienogranitos, cuarzosienitas y tonalitas. Se encuentra intruido por diques de riolitas, monzogranitos, andesitas y microdioritas; además, tiene enclaves de andesitas y dioritas.

Es un plutón subcalcalino de la serie calcoalcalina alta en K, peraluminoso, con valores de $A/NK > 1$ y valores de $A/CNK > 1$, con valores de $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$.

En los diagramas multielementales se reconocen varios patrones con edades de cristalización, U/Pb en circon, desde $214,5 \pm 2,7$ Ma para un cuerpo de granodiorita que aflora al sur del Monzogranito de Rionegro, hasta edades que varía entre $197,2 \pm 1,5$ y $195,8 \pm 1,5$ Ma, que representan la masa principal del cuerpo intrusivo en rocas de la facies monzogranítica. Las rocas de dique arrojaron edades entre $184,1 \pm 2,3$ y $189,9 \pm 1,6$ Ma, lo que sugiere que se trata de un cuerpo formado por varios pulsos magmáticos generados en un ambiente de arco continental.

La química de rocas y la química de circones clasifican el Monzogranito de Rionegro como un granito tipo I.

La presencia de núcleos de circones heredados del Paleozoico al Mesoproterozoico, en rocas monzograníticas y sienograníticas, son indicativas de la fusión de rocas de la corteza continental que aportaron material a los pulsos magmáticos.

Referencias

- Abdel-Rahman, A. F. M. (1994). Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35 (2), 525-541. <https://doi.org/10.1093/petrology/35.2.525>.
- Arias, A. y Morales C., J. (2003). *Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar. Memoria explicativa. Escala 1:250.000*. Bogotá: Ingeominas.
- Arias, A. y Vargas, R. (1978). *Geología de las planchas 86 Ábrego y 97 Cáchira. Departamento de Santander. Memoria explicativa. Escala 1:100.000*. Bogotá: Ingeominas.
- Best, M. G. (2003). *Igneous and metamorphic petrology*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Chappell, B. W. y White, A. J. (2001). Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences*, 48 (4), 489-499. <https://doi.org/10.1046/j.1440-0952.2001.00882.x>.
- Clavijo, J. (1994). *Mapa geológico generalizado de Norte de Santander. Escala 1:250.000. Mapa interno*. Bucaramanga: Ingeominas.
- Clavijo, J., Mantilla, F. L. C., Pinto, J., Bernal, L. y Pérez, A. (2008). Evolución geológica de la serranía de San Lucas, norte del valle medio del Magdalena y noroeste de la cordillera Oriental. *Boletín de Geología*, 30 (1), 45-62.
- Cordani, U. G., Cardona, A., Jiménez, D. M., Liu, D. y Nutran, A. P. (2005). *Geochronology of Proterozoic basement inliers from the Colombian Andes: Tectonic history of remnants from a fragmented Grenville belt*. Londres: Geological Society.
- Corfu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. y Kinny, P. (2003). Atlas of Zircon Textures. Zircon. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 53 (1), 469-500. <https://doi.org/10.2113/0530469>.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2016). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Batolito de Mogotes*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Correa Martínez, A. M., Rodríguez, G., Arango, M. I., Zapata, G. y Bermúdez, J. G. (2018). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Riolitas del alto Los Cacaos*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Daconte, R. y Salinas, R. (1980). *Geología de las planchas 66 Miraflores y 76 Ocaña. Departamento Norte de Santander. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000*. Bucaramanga: Ingeominas.
- Debon, F. y Le Fort, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 73 (3), 153-149. <https://doi.org/10.1017/S0263593300010117>.
- Etayo Serna, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Ballesteros, I., Forero, H., Ramírez, C., Zambrano Ortiz, F., Duque Caro, H., Vargas, R., Núñez, A., Álvarez, J., Ropain, C., Cardozo, E., Galvis, N., Sarmiento, L., Alberts, J. P., Case, J. E., Singer, D. A., Bowen, R. W., Berger, B.R., Cox, D. P. y Hodges, C. A. (1985). *Mapa de terrenos geológicos de Colombia*. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas 14, Bogotá: Ingeominas.

- Frost, B. R. y Frost, C. D. (2008). A geochemical classification for feldspathic igneous rocks. *Journal of Petrology*, 49 (11), 1955-1969. <https://doi.org/10.1093/petrology/egn054>.
- Frost, R. B., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. y Frost, C. D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42 (11), 2033-2048. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.11.2033>.
- Fuquen, J., Ceballos, L., Pedraza, A. y Marín, E. (2010). *Geología de la plancha 98 Durania. Escala 1:100.000*. Bogotá: Ingeominas.
- García, C. y Ríos, C. (1999). *Metamorfismo y metalogénia asociada del Macizo de Santander, cordillera Oriental, Colombia*. Informe final Proyecto de Investigación 1102-05-083-95. Bucaramanga: Colciencias y Universidad Industrial de Santander.
- Goldsmith, R., Marvin, R. F. y Mehnert, H. H. (1971). *Radiometric ages in the Santander Massif, Eastern Cordillera, Colombian Andes*. U. S. Geological Survey Professional Paper 750-D, D44-D49.
- Harris, N. B. W., Pearce, J. A. y Tindle, A. G. (1986). Geochemical characteristics of collision zone magmatism. En M. P. Coward y A. C. Ries (eds.), *Collision tectonics* (pp. 67-81). Special publication 19. London: Geological Society of London. <http://dx.doi.org/10.101144/GSL.SP.1986.019.01.04>.
- Janoušek, V., Farrow, C. M. y Erban, V. (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: Introducing geochemical data toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology*, 47 (6), 1255-1259. <https://doi.org/10.1093/petrology/egl013>.
- Leal-Mejía, H. (2011). Phanerozoic gold metallogeny in the Colombian Andes: A tectono-magmatic approach (tesis de doctorado). Universitat de Barcelona, España.
- Ludwig, K. (2008). *Isoplot version 4.15: A geochronological toolkit for Microsoft Excel*. Berkeley Geochronology Center, Special Publication (4).
- Mantilla Figueroa, L. C., Bissig, T., Valencia, V. y Hart, C. (2013). The magmatic history of the Vetás-California mining district, Santander Massif Eastern Cordillera, Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, 45, 235-249. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.03.006>.
- McDonough, W. F. y Sun, S. S. (1995). The composition of the Earth. *Chemical Geology*, 120 (3), 223-253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4).
- Middlemost, E. A. K. (1985). *Magmas and magmatic rocks*. London: Longman.
- Middlemost, E. A. K. (1994). Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Science Reviews*, 37 (3-4), 215-224. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(94\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(94)90029-9).
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimical et Cosmochimical Acta*, 38 (5), 757-775. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5).
- Nardi, L. V. S., Formoso, M. L. L., Müller, I. F., Fontana, E., Jarvis, K. y Lamarão, C. (2013). Zircon/rock partition coefficients of REEs, Y, Th, U, Nb, and Ta in granitic rocks: Uses for provenance and mineral exploration purposes. *Chemical Geology*, 335, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.10.043>.
- Ordóñez Cardona, O., Restrepo Álvarez, J. J. y Pimentel, M. M. (2006). Geochronological and isotopic review of pre-Devonian crustal basement of the Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21 (4), 372-382. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2006.07.005>.
- Ordóñez Carmona, O. (2001). Caracterização isotópica Rb-Sr e Sm-Nd dos principais eventos magmáticos nos Andes colombianos (tesis de doctorado). Universidade de Brasilia.
- Pearce, J. A. (2008). Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, 100 (1-4), 14-48. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2007.06.016>.
- Peccerillo, A. y Taylor, S. R. (1976). Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58 (1), 63-81. <https://doi.org/10.1007/BF00384745>.
- Pérez Arvizu, O., Ortega Obregón, C., Solari, L. y Gómez Tuena, A. (2010). Aplicaciones del sistema LA-ICPMS del Centro de Geociencias de la UNAM. Simposio de Metrología 2010, Querétaro, México.
- Restrepo, J. J. y Toussaint, J. F. (1988). Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes*, 11 (3), 189-193.
- Restrepo, J. J., Ordóñez Carmona, O., Armstrong, R. y Pimentel, M. (2011). Triassic metamorphism in the northern part of the Tahamí Terrane of the Central Cordillera of Colombia. *Journal of South Amer-*

- ican Earth Sciences*, 32 (4), 497-507. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.04.009>.
- Restrepo-Pace, P., Ruiz, J., Gehrels, G. y Cosca, M. (1997). Geochronology and Nd isotopic data of the Grenville-age rocks in the Colombian Andes: New constraints for Late Proterozoic-Early Paleozoic paleocontinental reconstructions of the Americas. *Earth and Planetary Science Letters*, 150 (3-4), 427-441. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00091-5](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00091-5).
- Rieder, M., Cavazzini, G., D'Yakonov, Y., Frank Kamenetskii, V., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P. W., Müller, G., Neiva, A. M. R., Radoslovich, E. W., Robert, J.-L., Sassi, F. P., Takeda, H., Weiss, Z. y Wones, D. R. (1998). Nomenclature of the micas. *Clays and Clay Minerals*, 46 (5): 586-595. <https://doi.org/10.1346/CCMN.1998.0460513>.
- Ríos, C., García, C. y Takusa, A. (2003). Tectono-metamorphic evolution of the Silgara Formation metamorphic rocks in the Southwestern Santander Massif, Colombian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 16 (2), 133-154. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(03\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(03)00025-7).
- Rodríguez, G., Arango, M. I., Correa Martínez, A. M. y Zapata, G. (2018). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Riolita de San Joaquín*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Rodríguez, G., Correa Martínez, A. M., Zapata, G. y Arango, M. I. (2016). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Monzogranito de La Corcova*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Royero, J. M. y Clavijo, J. (2001). *Mapa geológico generalizado del departamento de Santander. Escala 1:300.000. Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas.
- Shand, S. J. (1943). *Eruptive rocks: Their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposits with a chapter on meteorite*. New York: John Wiley & Sons.
- Smith, J. V. y Brown, W. L. (1988). *Feldspar minerals. I. Crystal structures, physical, chemical and microtextural properties* (2.^a ed.). Berlin: Springer-Verlag.
- Streckeisen, A. (1976). Classification and nomenclature of plutonic rocks: recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau*, 63 (2), 773-786. <https://doi.org/10.1007/BF01820841>.
- Streckeisen, A. (1978). Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks; recommendation and suggestions. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 134, 1-14.
- Sun, S. S. y McDonough, W. S. (1989). *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes*. Special Publications 42. London: Geological Society.
- Van der Lelij, R. (2013). Reconstructing North-Western Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: A geochronological, thermochronological and geochemical study (tesis de doctorado). Université de Genève.
- Wang, Q., Zhu, D. C., Zhao, Z. D., Guan, Q., Zhang, X. Q., Sui, Q. L., Chu Hu, Z. y Mo, X. X. (2012). Magmatic zircons from I-, S- and A-type granitoids in Tibet: Trace element characteristics and their application to detrital zircon provenance study. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.07.027>.
- Ward, D. E., Goldsmith, R., Jimeno, A., Cruz, J., Restrepo, H. y Gómez, E. (1973). *Mapa geológico de Colombia, cuadrángulo H-12 Bucaramanga, planchas 109 Rionegro-120 Bucaramanga, cuadrángulo H-13, Pamplona, planchas 110 Pamplona-121 Cerrito. Departamento de Santander. Memoria Explicativa. Escala 1:100.000*, Bogotá: Ingeominas.
- Whalen, J. B., Currie, K. L. y Chappell, B. W. (1987). A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 95 (4), 407-419. <https://doi.org/10.1007/BF00402202>.
- Winter, J. D. (2014). *Principles of igneous and metamorphic petrology* (2.^a ed.). Harlow: Pearson.
- Zapata, G., Arango, M. I., Rodríguez, G. y Correa Martínez, A. M. (2018). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Riolitas El Uvo*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.
- Zapata, G., Correa M, A. M., Rodríguez, G. y Arango, M. I. (2016). *Catálogo de unidades litoestratigráficas de Colombia. Granito de Pescadero*. Medellín: Servicio Geológico Colombiano.

ANEXOS

Anexo 1. Contenido modal del Monzogranito de Rionegro

| IGM | N. campo | E | N | Qtz | Pl | Fsp | Bt | Hbl | Cpx | Opx | Tr/Act | Ms | Chl | Op | Ap | Zrn | Ttn | Ep | Matriz | Textura | Clasificación | | |
|--------|----------|---------|---------|------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|--------|---|--|---|-------------------------------|
| 70801 | EA-717 | 1103352 | 1328059 | 37 | 16 | 46 | 1 | | | | | | x | x | x | | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito félsico | | |
| 70807 | EA-736 | 1096402 | 1323699 | 32 | 20 | 47 | 0,5 | | | | | 0,5 | x | x | | | | X | | Holocristalina alotriomorfa | Granito félsico | | |
| 70808 | EA-738 | 1095482 | 1323399 | 34 | 20 | 45 | 0,5 | | | | | 0,5 | | < 1 | | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Granito félsico | | |
| 70811 | EA-754 | 1096342 | 1320749 | 18 | 15 | 65 | < 1 | | | | | | x | x | Tr | | | | | Holocristalina, alotriomorfa | Granito félsico | | |
| 10888 | HCH 1 | 1098572 | 1311069 | 33,2 | 49,1 | 15,5 | 2,2 | | | | | | | | | | | Tr | | Holocristalina, hipidiomorfa inequigranular | Brecha (monzogranito) | | |
| 10941 | H CH 53 | 1105372 | 1340599 | 11,1 | 46,6 | 22,2 | | | | | | | 2,2 | Tr | | | | 3,1 | 14,8 | Cataclástica | Brecha cataclástica (cuarzomonzodiorita) | | |
| 10942 | H CH 54 | 1104972 | 1340259 | 15,6 | 46,3 | 30,5 | 2,2 | | | | | | | | | | | 2,2 | 3,2 | Cataclástica | Brecha cataclástica (cuarzomonzonita) | | |
| 10936 | H CH 48 | 1091702 | 1337019 | 9,2 | 41,5 | 4,6 | 2,5 | 2 | | | | | | | | | Tr | Tr | | 40,2 | Cataclástica | Cataclasita | |
| 70839 | LJM-411 | 1091622 | 1334399 | 23,8 | 29,7 | 4,5 | | | | | | | 0,5 | | Tr | Tr | | 1,9 | 39,6 | Cataclástica | Cataclasita | | |
| 72056 | HM-253 | 1094822 | 1340059 | 37 | 40 | 15 | x | | | | | | x | x | | Tr | 2 | x | | | Cataclástica | Cataclasita de grandiorita | |
| 70840 | LJM-411A | 1091623 | 1334400 | 16,2 | 28,6 | 11,9 | | | | | | 0,5 | | Tr | | Tr | | | | 42,8 | Cataclástica | Cataclasita/brecha cataclástica | |
| 70884 | LJM-452 | 1091582 | 1337199 | 19,2 | 63,4 | 7,4 | | | | | | | 7,8 | | x | | x | 1,6 | | Hipidiomorfa granular | Cuarzodiorita | | |
| 72054 | HM-246 | 1094632 | 1342919 | 23 | 55 | 5 | | 15 | Tr | | | | x | 0,5 | Tr | Tr | 1 | 0,5 | | | Hipidiomorfa micrográfica | Cuarzodiorita | |
| 74443 | OP-432 | 1093043 | 1373559 | 20 | 54 | < 1 | | 18 | | | | | x | 3 | x | x | 2 | 3 | | | Holocristalina, hipidiomorfa | Cuarzodiorita | |
| 72051 | HM-235 | 1092722 | 1340789 | 15 | 60 | 8 | | | | | | | 15 | | | | | 2 | 3 | | | Hipidiomorfa | Cuarzodiorita |
| 74108 | HM-1100 | 1089122 | 1334939 | 15 | 30 | 5 | | 44 | | | | | Tr | Tr | x | 1 | 2 | 3 | | | Holocristalina hipidiomorfa | Cuarzodiorita hombienda | |
| 900997 | LMC-081 | 1088010 | 1344458 | 5 | 45 | 9 | 11 | 20 | 3 | | | | | 3 | 0,5 | Tr | 3 | | | | Alotriomorfa, equigranular | Cuarzomonzodiorita | |
| 70837 | HM-163 | 1103872 | 1326279 | 15 | 33 | 38 | 4 | | | | | x | 5 | x | | | | | 4 | | Holocristalina alotriomorfa, con efectos cataclásticos | Cuarzomonzonita | |
| 70841 | LJM-412 | 1091622 | 1334859 | 23 | 43 | 30 | | | | | | | 5 | x | x | x | x | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Cuarzomonzonita | |
| 70859 | LJM-428 | 1100392 | 1337879 | 14 | 52 | 32 | 1 | | | | | x | x | x | x | | x | x | | | Holocristalina, alotriomorfa | Cuarzomonzonita | |
| 70863 | LJM-432 | 1103242 | 1337039 | 32 | 37 | 25 | 6 | | | | | | | x | x | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Cuarzomonzonita | |
| 70892 | LJM-461 | 1094732 | 1337789 | 17,9 | 40,5 | 35 | | 3,1 | | | | | x | x | | | | | x | | Hipidiomorfa granular | Cuarzomonzonita | |
| 70897 | LJM-466 | 1093682 | 1337569 | 14,5 | 34,5 | 43 | 5 | 1 | | | | | 3 | 1 | Tr | Tr | | x | | | Hipidiomorfa | Cuarzomonzonita | |
| 900950 | MIA-647 | 1103873 | 1300073 | 12,4 | 40,7 | 31,5 | 12,7 | | | | | | x | 0,5 | 1 | Tr | 1,2 | x | | | Holocristalina subidiomorfa inequigranular | Cuarzomonzonita | |
| 70824 | HM-141 | 1096412 | 1321359 | 19 | 35 | 45 | | | | | | x | x | 1 | x | x | | x | | | Holocristalina alotriomorfa con deformación | Cuarzomonzonita con efectos cataclásticos | |
| 11196 | JA 84 | 1113692 | 1307579 | 16 | 13 | 70 | Tr | | | | | 1 | x | | | | | | | | Hipidiomorfa inequigranular | Cuarzosienita | |
| 72053 | HM-243 | 1096672 | 1340859 | | 40 | | | 20 | 15 | | x | | 10 | 10 | | | | 1 | 1 | | | Porfírica con matriz fanerítica | Diorita |
| 900998 | LMC-082 | 1087836 | 1343412 | | 47 | | 10 | 35 | | | | | | | | 4 | 1 | Tr | 3 | x | | Alotriomorfa equigranular | Diorita |
| 71244 | EA-765 | 1088372 | 1339369 | | 44 | | Tr | | | 11 | | | | | 1 | | | | Tr | x | | Hipidiomorfa granular | Diorita anfibólica |
| 72032 | HM-185A | 1094443 | 1345819 | 10 | 30 | | | 25 | | | | | | | 10 | 3 | 2 | | 8 | 10 | | Hipidiomorfa granular | Diorita hombléncia, |
| 31183 | EV 10 | 1082603 | 1357309 | 2,1 | 23,2 | | Tr | 70 | | | | | | | | | | | 1,1 | 3,3 | | Holocristalina hipidiomorfa | Diorita hombléncia |
| 74446 | OP-460 | 1095093 | 1368029 | 8 | 80 | | 9 | | | | | | x | 1 | x | x | x | x | 2 | | | Holocristalina hipidiomorfa con orientación | Diorita néisica |
| 74463 | OP-559 | 1089403 | 1350199 | 5 | 68 | | 13 | 12 | | | | | x | x | | | | x | x | | | Holocristalina | Diorita |
| 70861 | LJM-430 | 1102272 | 1337119 | x | x | x | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | | | | Esquistosa | Esquisto cuarzomizocáico |
| 31147 | | 1093712 | 1373551 | 7,6 | 0,7 | | | 59 | | | | | 2,6 | 6,9 | | | | | | 23 | | Holocristalina inequigranular | Gabro propilitizado |
| 31146 | | 1093636 | 1373369 | 1,1 | 36,9 | 0,6 | | | | | 23,6 | 26,4 | | | 10,3 | Tr | | 1,1 | | | | Subidiomorfa inequigranular | Gabronorita px- hombléncia |
| 70842 | LJM-413 | 1092542 | 1337239 | 15 | 52 | 25 | | | | | | | 3 | x | | | | x | 6 | | | Holocristalina alotriomorfa | Grandiorita |
| 70813 | HM-101 | 1100312 | 1327599 | 36 | 20 | 43 | < 1 | | | | | | x | < 1 | x | | | | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 70820 | HM-128 | 1092102 | 1323979 | 16 | 19 | 65 | Tr | | | | | | x | Tr | | x | | x | | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 70823 | HM-139 | 1096382 | 1322199 | 32 | 21 | 45 | x | | | | | x | x | 1 | | x | x | x | | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 70838 | HM-164 | 1104582 | 1327129 | 16 | 22 | 60 | 2 | | | | | | x | | x | | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 70865 | LJM-434 | 1104392 | 1338179 | 26 | 24 | 50 | x | | | | | | x | x | x | | | | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 70872 | LJM-441 | 1105112 | 1340559 | 25 | 17,5 | 44,5 | | | | | | 7,5 | 1 | x | | 0,1 | | | | | | Alotriomorfa cataclástica | Granito |
| 71253 | EA-782 | 1089742 | 1335959 | 42,5 | 8 | 43,5 | 2 | | | | | | 2 | 1 | | | | | | | | Granofírica | Granito |
| 72029 | HM-169 | 1093653 | 1349679 | 15 | 28 | 55 | | | | | | | 2 | 1 | Tr | | Tr | Tr | | | | Holocristalina | Granito |
| 72052 | HM-240 | 1096262 | 1341649 | 10 | 20 | 60 | | | | | | | 3 | | | Tr | 4 | 4 | | | | Hipidiomorfa, micrográfica, mirmequítica | Granito |

| IGM | N. campo | E | N | Qtz | Pl | Fsp | Bt | Hbl | Cpx | Opx | Tr/Act | Ms | Chl | Op | Ap | Zrn | Ttn | Ep | Matriz | Textura | Clasificación | |
|--------|----------|---------|---------|------|------|------|------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--|--|---|
| 74440 | OP-428 | 1092203 | 1374959 | 24 | 23 | 51 | x | | | | | x | x | x | | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Granito | |
| 74864 | LJM-1356 | 1076733 | 1396729 | 39 | 20 | 40 | x | | | | | | | x | | | | x | | Holocristalina hipidiomorfa | Granito | |
| 70895 | LJM-464 | 1104802 | 1338299 | 25,3 | 10 | 60 | | | | | | | Tr | 1 | Tr | | | Tr | | Alotriomorfa | Granito (alasitas) | |
| 70925 | JR-843 | 1105252 | 1336499 | 23,5 | 19,5 | 49,5 | | | | | | | 3 | 0,3 | x | | | | | Alotriomorfa | Granito (alasitas) | |
| 71249 | EA-774 | 1089792 | 1335379 | 20 | 8 | 70 | | | | | | | | | | Tr | Tr | 2 | | Alotriomorfa, peritica gráfica | Granito (alasitas) | |
| 71250 | EA-777 | 1088702 | 1333309 | 27 | 10 | 60 | Tr | | | | | 1 | 1 | 1 | | | Tr | Tr | | Alotriomorfa, peritica | Granito (alasitas) | |
| 72047 | HM-223A | 1103692 | 1327989 | 25 | 19 | 55 | | | | | | | 1 | | | | | Tr | | Hipidiomorfa | Granito (alasitas) | |
| 72048 | HM-223B | 1103432 | 1327319 | 30 | 20 | 50 | | | | | | | | | | | | 3 | | Hipiomorfa con deformación | Granito cataclástico (alasitas) | |
| 72045 | HM-221 | 1102652 | 1327759 | 15 | | 50 | | | | | 1 | | | 6 | | | | 30 | | Cristaloblástica | Granito con venas de epidota | |
| 72044 | HM-220 | 1090972 | 1329549 | 30 | 10 | 60 | | | | | | | | Tr | | | | | | Hipidiomorfa | Granito gráfico (alasitas) | |
| 70866 | LJM-435 | 1104712 | 1338479 | 33 | 6 | 61 | x | | | | | | x | x | x | | | x | x | Micrográfica | Granito micrográfico | |
| 70893 | LJM-462 | 1105952 | 1340269 | 15 | 10 | 70 | 1 | | | | | Tr | | 2 | | | | Tr | | Perfírica con matriz | Granito porfírico (alasitas) | |
| 10937 | H CH 49 | 1095102 | 1337699 | 34,8 | 39,9 | 15,2 | 9,5 | | | | | | | Tr | | | | | | 0,5 | Holocristalina inequigranular | Granodiorita |
| 70806 | EA-731 | 1095122 | 1330109 | 20 | 56 | 23 | 1 | | | | | x | x | x | x | | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Granodiorita |
| 70875 | LJM-443 | 1097732 | 1337839 | 32 | 43 | 21,2 | | | | | | | 2,5 | 0,1 | | | | 0,2 | 1 | Hipidiomorfa, en parte brechoide | Granodiorita | |
| 70877 | LJM-445 | 1096422 | 1337779 | 4,5 | 62,5 | 20 | | | | | | | 3,8 | | | | | | 9,2 | | Hipidiomorfa granular | Granodiorita |
| 70878 | LJM-446 | 1095512 | 1337719 | 42,5 | 29 | 12 | | | | | | | 7 | | | | | 1,2 | 5,6 | | Hipidiomorfa granular | Granodiorita |
| 70891 | LJM-460 | 1095952 | 1337509 | 11 | 54 | 30 | | | | | | | 2 | 1 | Tr | | | | 2 | | Hipidiomorfa | Granodiorita |
| 70979 | AG-2262A | 1097722 | 1337839 | 31 | 42,5 | 18 | | Tr | | | | Tr | 7,4 | 1 | Tr | | | | | | Hipidiomorfa | Granodiorita |
| 72034 | HM-192 | 1095133 | 1347059 | 28,5 | 48,5 | 18,4 | 2,5 | | | | | | | | | x | 1 | 0,8 | | Porfírica con matriz fanerítica | Granodiorita | |
| 72035 | HM-193 | 1095803 | 1347189 | 19,7 | 47,4 | 20 | | | | | | | 11 | 1 | | 1 | Tr | 0,9 | | Porfírica con matriz fanerítica | Granodiorita | |
| 72055 | HM-252 | 1095572 | 1340069 | 5,6 | 53,8 | 20 | 10 | 5,6 | | | | x | 2 | | Tr | 1 | | | | | Hipidiomorfa | Granodiorita |
| 74869 | LJM-1403 | 1077503 | 1399199 | 20,1 | 54,4 | 16,1 | 9,4 | | | | | | | Tr | Tr | Tr | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Granodiorita |
| 120046 | OP-908A | 1106973 | 1391619 | 19 | 51 | 11 | 19 | | | | | | x | x | x | | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Granodiorita |
| 900949 | MIA-646B | 1102880 | 1297649 | 21,9 | 46,6 | 15,6 | 14,3 | | | | | | | 1,1 | | | | | 0,5 | | Holocristalina inequigranular | Granodiorita |
| 900952 | MIA-648B | 1104858 | 1301287 | 21,1 | 36,9 | 19,4 | 11,7 | 1,5 | | | | | | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 4,5 | Tr | | | Hipidiomorfa | Granodiorita |
| 900999 | LMC-084 | 1088410 | 1339422 | 14 | 40 | 15 | | 29 | | | | | | Tr | Tr | Tr | 2 | x | | Alotriomorfa inequigranular, ligeramente orientada | Granodiorita con hornblenda | |
| 70876 | LJM-444 | 1097152 | 1337629 | 22,5 | 46 | 20,5 | | | | | | | | x | | | | | 12 | | Hipidiomorfa granular | Granodiorita porfírica |
| 900954 | MIA-649B | 1107525 | 1305963 | 27 | 47,5 | 9,7 | 13,2 | | | | | x | x | 1,1 | 1 | 0,5 | | | x | | Holocristalina inequigranular | Granodiorita |
| 74926 | LJM-1404 | 1080473 | 1388019 | 27 | 55 | 18 | | | | | | | x | | x | x | x | x | | | Cataclástica | Granodiorita? Transformada en partes en milonita-neis por cataclasis |
| 900985 | GZ-6848A | 1094480 | 1337675 | 19,5 | 56,3 | 10,4 | 12,1 | | | | | | | | | | | 1,7 | | | Hipidiomorfa granular | Granodiorita |
| 10943 | H CH 55 | 1101712 | 1338699 | 34,6 | 25,6 | 37,1 | 2,3 | | | | | 0,2 | | 0,2 | | | | | | | Granoblástica | Granofels (metamonzogranito) facies anfibolita |
| 31179 | EV 777 | 1088242 | 1340739 | 47,9 | 19,2 | 24,9 | 2,3 | | | | | 2,6 | | Tr | Tr | | | | | 3,1 | Granoblástica | Granofels (metamonzogranito) facies anfibolita |
| 31178 | EV 778 | 1088442 | 1340559 | 20 | 35 | 18 | | 23 | | | | | | 1 | Tr | Tr | 3 | x | | Granonematoblástica ligeramente porfiroblástica | Granofels de cuarzofeldespatos y hornblenda facies anfibolita | |
| 900973 | GR-6743 | 1083832 | 1397463 | 36,5 | 38,9 | 21,6 | 2,3 | | | | | | | 0,6 | Tr | Tr | Tr | | | | Alotriomorfa | Límite granodiorita- monzogranito |
| 31160 | RV 2 | 1089732 | 1335869 | 39,5 | 26 | 32 | 2 | | | | | | x | Tr | Tr | | | | 0,5 | | Hipidiomorfa | Metamonzogranito |
| 70889 | LJM-458 | 1103142 | 1337699 | 34 | 39,5 | 21 | | 3,1 | | | | | Tr | 1 | Tr | Tr | Tr | 1 | | | Brechoide con cohesión primaria | Microbrecha |
| 70890 | LJM-459 | 1098352 | 1337399 | 29,5 | 22,5 | 39 | | | | | | 1 | 4,7 | | | | | | 2 | | Brechoide con porfiroclastos | Microbrecha monzogranito |
| 70826 | HM-143 | 1098302 | 1320109 | 36 | 20 | 43 | x | | | | | x | | x | | | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Microgranito |
| 10870 | EA 167 | 1106802 | 1316379 | 31,7 | 35,8 | 29,8 | 2 | | | | | | | 0,7 | Tr | Tr | Tr | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10889 | HCH 2 | 1098642 | 1310819 | 26,7 | 39,6 | 32,2 | 0,8 | | | | | | | 0,7 | | | | | | | Holocristalina inequigranular | Monzogranito |
| 10893 | HCH 5 | 1099342 | 1310319 | 22,6 | 27,5 | 42,5 | 5,8 | | | | | | | 1,6 | | | | | | | Holocristalina hipidiomorfa | Monzogranito |
| 10938 | H CH 50 | 1099932 | 1337959 | 53,3 | 18,1 | 26,7 | 0,6 | | | | | | | 1,3 | | | | | | | Holocristalina inequigranular | Monzogranito |
| 10974 | | 1083776 | 1397131 | 29,5 | 31,7 | 37,4 | 0,7 | | | | | | | 0,7 | Tr | Tr | Tr | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10975 | | 1084708 | 1395616 | 37 | 30,2 | 32,8 | Tr | | | | | Tr | | Tr | | | | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10976 | | 1086477 | 1393163 | 41,1 | 31,8 | 24 | 3,1 | | | | | Tr | | Tr | Tr | Tr | Tr | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10977 | | 1087250 | 1392618 | 31,8 | 32,6 | 35,6 | Tr | | | | | Tr | | Tr | | | | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10979 | | 1087477 | 1392921 | 48,8 | 20,3 | 30,1 | 0,8 | | | | | Tr | | Tr | | | | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 10980 | | 1096023 | 1372028 | 35,4 | 33,1 | 31,5 | Tr | | | | | Tr | | Tr | | | | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 11172 | JA 60 | 1116392 | 1302489 | 31 | 25 | 34 | 10 | | | | | | x | Tr | Tr | Tr | | x | | | Alotriomorfa inequigranular | Monzogranito |

| IGM | N. campo | E | N | Qtz | Pl | Fsp | Bt | Hbl | Cpx | Opx | Tr/Act | Ms | Chl | Op | Ap | Zrn | Ttn | Ep | Matriz | Textura | Clasificación |
|--------|----------|---------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|---|---------------|
| 11197 | JA 85 | 1113992 | 1307669 | 31 | 26 | 36,5 | 6,5 | | | | | x | x | Tr | Tr | Tr | x | x | | Alotriomorfa inequigranular | Monzogranito |
| 70653 | AG-2167A | 1139473 | 1333679 | 30 | 35 | 35 | 2 | | | | | 2 | | | | | Tr | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70656 | AG-2174 | 1141472 | 1330738 | 25 | 30 | 37 | 4 | | | | | | 2 | | | | 1 | 1 | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70707 | AG-2176A | 1150862 | 1320268 | 35 | 35 | 25 | < 1 | | | | | 5 | x | Tr | Tr | | < 1 | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70798 | EA-707 | 1104412 | 1328939 | 27 | 40 | 21 | 5 | | | | | 5 | x | x | x | | x | x | | Holocristalina alotriomorfa, micrográfica | Monzogranito |
| 70800 | EA-714 | 1101902 | 1327639 | 38 | 34 | 21 | 4 | | | | | | x | 2 | x | x | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70802 | EA-719 | 1103372 | 1328379 | 26 | 37 | 27 | 8 | | | | | | | 1 | x | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70805 | EA-729 | 1096022 | 1329249 | 25 | 27 | 45 | 3 | | | | | | x | x | x | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70810 | EA-751 | 1094572 | 1323599 | 43 | 22 | 35 | 0,5 | | | | | 0,5 | | < 1 | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70812 | HM-100 | 1100782 | 1327719 | 32 | 32 | 35 | x | | | | | | x | x | x | | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70814 | HM-108 | 1097402 | 1328479 | 32 | 33 | 34 | | | | | | x | x | x | | Tr | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70815 | HM-111 | 1097102 | 1328719 | 22 | 43 | 33 | 2 | | | | | | x | x | x | x | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70817 | HM-114 | 1095402 | 1326199 | 27 | 37 | 33 | 1 | | | | | 1 | | 1 | | x | Tr | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70818 | HM-115 | 1096302 | 1328829 | 34 | 25 | 37 | 1 | | | | | | x | Tr | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70819 | HM-116 | 1097682 | 1327659 | 22 | 37 | 40 | 1 | | | | | | x | 1 | x | x | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70822 | HM-136 | 1095522 | 1322989 | 35 | 24 | 39 | 1 | | | | | x | | 1 | | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70828 | HM-146 | 1101152 | 1320839 | 36 | 31 | 30 | 2,5 | | | | | | x | x | | x | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70829 | HM-150 | 1090932 | 1327329 | 21 | 19 | 59 | 1 | | | | | | x | x | | | x | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70830 | HM-152 | 1091712 | 1328739 | 32 | 31 | 37 | < 1 | | | | | x | | Tr | | ? | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70831 | HM-153 | 1096002 | 1329299 | 25 | 36 | 32 | 5 | | | | | | x | 1 | | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70832 | HM-154 | 1095722 | 1329549 | 22 | 32 | 44 | | | | | | 2 | | x | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70833 | HM-155 | 1095432 | 1329839 | 34 | 30 | 35 | 1 | | | | | | x | Tr | x | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70834 | HM-4159 | 1101932 | 1327099 | 29 | 25 | 44 | x | | | | | 1 | x | x | x | | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70855 | LJM-425 | 1105532 | 1340279 | 41 | 26 | 31 | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70856 | LJM-426 | 1098772 | 1337669 | 31 | 42 | 24 | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70858 | LJM-427 | 1099852 | 1337779 | 44 | 31 | 24 | | | | | | | x | x | x | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70860 | LJM-429 | 1101802 | 1338039 | 36 | 35 | 24 | x | | | | | x | | x | x | | | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70864 | LJM-433 | 1103722 | 1328469 | 27 | 34 | 35 | 3 | | | | | | x | x | x | x | x | x | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 70867 | LJM-436 | 1105002 | 1338679 | 28 | 30 | 41 | 1 | | | | | | x | x | x | x | | x | | Holocristalina alotriomorfa con efectos cataclásticos | Monzogranito |
| 70868 | LJM-437 | 1104782 | 1339729 | 16 | 40 | 44 | | | | | | | x | x | | | | x | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70874 | LJM-442 | 1098802 | 1337949 | 38,5 | 29,5 | 24,5 | | Tr | | | | | 5 | | Tr | | 1 | 2,1 | | Hipidiomorfa poiquilitica con antiperititas | Monzogranito |
| 70894 | LJM-463 | 1105242 | 1338659 | 31 | 29,7 | 36,2 | | | | | | | 2,4 | x | x | | | x | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70896 | LJM-465 | 1093682 | 1337199 | 26,7 | 32 | 32 | | 1 | | | | | | | Tr | | Tr | Tr | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70921 | JR-839 | 1105082 | 1338179 | 29,3 | 29 | 36,5 | | | | | | | 0,5 | | | | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 70922 | JR-840 | 1105192 | 1337879 | 33,5 | 41 | 23,2 | 1,7 | Tr | | | | | x | x | | | | 0,6 | | Holocristalina | Monzogranito |
| 70924 | JR-842 | 1105252 | 1336859 | 22 | 39 | 32 | 0,9 | | | | | | 3,1 | 0,7 | Tr | | | 2,4 | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 70927 | JR-845 | 1105902 | 1338489 | 31,5 | 25 | 38,5 | | | | | | 0,2 | 3,8 | | | | | 0,6 | | Hipidiomorfa con protoclasia | Monzogranito |
| 70928 | JR-846 | 1106242 | 1338389 | 35 | 25,5 | 36 | 0,5 | | | | | | 3,3 | 0,5 | Tr | | | | | Porfiritica con matriz fanerítica | Monzogranito |
| 70929 | JR-847 | 1106212 | 1338379 | 27,5 | 29 | 42 | | | | | | | x | 0,5 | | | | 1 | | Alotriomorfa de grano fino | Monzogranito |
| 70966 | AG-2253B | 1105172 | 1340689 | 30,5 | 25,5 | 38 | | | | | | | 5 | 1 | | Tr | | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 70969 | AG-2255 | 1104472 | 1338479 | 30,5 | 27,5 | 34 | 6 | | | | | | 2 | 1 | | | | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 72039 | HM-206 | 1099952 | 1321999 | 40,5 | 32,5 | 24 | | | | | | Tr | 2 | 0,2 | | Tr | | 0,2 | | Fanerítica, mirmequítica y perítica | Monzogranito |
| 72041 | HM-214 | 1102412 | 1328779 | 20 | 20 | 35 | 10 | | | | | | 2 | 1 | Tr | Tr | 2 | 5 | | Holocristalina perítica y poiquilitica | Monzogranito |
| 72059 | HM-262 | 1098152 | 1340339 | 43 | 32 | 22,5 | | | | | | | 2,3 | | | | x | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 72062 | HM-272B | 1100083 | 1341160 | 32 | 23 | 41 | | | | | | | 1 | 1 | | | | x | | Hipidiomorfa perítica | Monzogranito |
| 72063 | HM-287 | 1102422 | 1343409 | 42,5 | 23 | 32,5 | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 74341 | LJM 1001 | 1103423 | 1357969 | 20 | 40 | 30 | 2 | 3 | | | | | Tr | 1 | 1 | Tr | 1 | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 74344 | LJM 1010 | 1103103 | 1356279 | 30 | 25 | 35 | 1,5 | 1,5 | | | | | 2,5 | | | | | 1 | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 74429 | | 1099961 | 1363609 | 20,1 | 36,2 | 40,5 | 2,2 | | | | | 0,8 | | 0,2 | | | | | | Hipidiomorfa | Monzogranito |
| 74459 | OP-539 | 1095263 | 1353079 | 38 | 26 | 35 | 1 | | | | | | x | x | | x | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito |
| 900953 | MIA-649A | 1107525 | 1305963 | 23,8 | 26,5 | 41,9 | 6,1 | | | | | x | x | 1,2 | 0,5 | Tr | | x | | Subidiomorfa equigranular | Monzogranito |

| IGM | N. campo | E | N | Qtz | Pl | Fsp | Bt | Hbl | Cpx | Opx | Tr/Act | Ms | Chl | Op | Ap | Zrn | Ttn | Ep | Matriz | Textura | Clasificación |
|--------|----------|---------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|--------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|--------|--|--|
| 900969 | GR-6736 | 1107549 | 1318415 | 39,1 | 24,5 | 35,8 | 0,7 | | | | | Tr | | Tr | Tr | Tr | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 900971 | GR-6740 | 1105544 | 1340405 | 32,7 | 30,8 | 34,3 | 1,3 | | | | | | | 0,6 | | Tr | | | | Alotriomorfa | Monzogranito |
| 900974 | GR-6744 | 1084623 | 1395986 | 30,8 | 25,3 | 38,3 | 4,9 | | | | | | | 0,7 | Tr | Tr | | | | Subidiomorfa inequigranular | Monzogranito |
| 70803 | EA-723 | 1100352 | 1326799 | 36 | 32 | 29 | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | Holocristalina alotriomorfa | Monzogranito aplítico |
| 70799 | EA-712 | 1103762 | 1328759 | 40 | 25 | 32 | | | | | | | x | x | x | | x | 2 | | Holocristalina alotriomorfa, con efectos cataclásticos | Monzogranito con efectos cataclásticos |
| 70654 | AG-2167B | 1139472 | 1333678 | 40 | 25 | 31 | 4 | | | | | | | | | | | | | Hipidiomorfa | Monzogranito porfírico |
| 11198 | JA 86 | 1114102 | 1307559 | 23,5 | 25,5 | 45 | 6 | | | | | x | x | Tr | Tr | Tr | x | x | | Alotriomorfa inequigranular | Monzogranito límite con sienogranito |
| 70923 | JR-841 | 1105252 | 1337279 | 5,3 | 40,5 | 40 | x | | | | | | 1,5 | 0,5 | Tr | | | | | Hipidiomorfa con deformación cataclástica | Monzonita |
| 72042 | HM-215 | 1102012 | 1328729 | 8 | 35 | 30 | | 10 | | | | | | x | | x | 5 | 10 | | Hipiomorfa | Monzonita |
| 70926 | JR-844 | 1105582 | 1338329 | 0,7 | 35,5 | 53,5 | | | | | | | 3,8 | 0,3 | | | | | | Alotriomorfa | Monzonita brechada |
| 70816 | HM-112 | 1094922 | 1326399 | 1 | 53 | 45 | 1 | | | | | x | x | x | x | x | | | | Holocristalina alotriomorfa con efectos cataclásticos | Monzonita con cataclasis |
| 70873 | LJM-441A | 1105113 | 1340560 | 9 | | | | | | | | | 80 | | | | 1 | | | Holocristalina | Roca cloritizada |
| 70809 | EA-739 | 1094572 | 1326629 | 54 | | 29 | x | | | | | | | | | | < 1 | 16 | | Holocristalina alotriomorfa | Granito |
| 10939 | H CH 51 | 1103672 | 1338299 | 34,2 | 21,2 | 41,4 | 3,2 | | | | | | | Tr | | | | | | Holocristalina inequigranular | Sienogranito |
| 10981 | | 1096790 | 1368704 | 31,3 | 22,9 | 45 | 0,8 | | | | | Tr | | Tr | | Tr | | | | Alotriomorfa | Sienogranito |
| 11177 | JA 65 | 1114922 | 1300209 | 23,5 | 22,5 | 46 | 7 | | | | | | x | 1 | Tr | Tr | | x | | Hipidiomorfa inequigranular | Sienogranito |
| 11461 | EA 280 | 1107222 | 1314129 | 30,6 | 21,3 | 46,3 | 0,8 | | | | | | | 1 | | Tr | | | | Alotriomorfa | Sienogranito |
| 72040 | HM-211 | 1097772 | 1322639 | 37 | 19,6 | 41 | | | | | | 2 | x | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | | Hipidiomorfa | Sienogranito |
| 72043 | HM-219 | 1091882 | 1329999 | 20 | 22 | 54 | 4 | | | | | | x | x | | x | x | x | | Alotriomorfa, gráfica, peritica | Sienogranito |
| 72060 | HM-267 | 1100542 | 1340539 | 30 | 20 | 46 | 2,5 | | | | | 1 | x | 0,5 | | | | x | | Hipidiomorfa, peritica | Sienogranito |
| 74425 | | 1101736 | 1362608 | 45,1 | 6,9 | 47,1 | 0,9 | | | | | | | Tr | | | | | | Hipidiomorfa | Sienogranito |
| 901011 | MIA-650B | 1099016 | 1313299 | 26,5 | 21 | 45,4 | 4,8 | | | | | Tr | | 1,6 | | 0,7 | | | | Alotriomorfa inequigranular | Sienogranito |
| 901028 | TCR-388 | 1089344 | 1335770 | 28 | 14 | 53,5 | 2 | | | | | | x | 1,5 | | | 0,5 | x | | Hipidiomorfa gráfica, peritica | Sienogranito |
| 10874 | EA 171 | 1105102 | 1317149 | 37,2 | 54,5 | 0,8 | 7,3 | | | | | | x | Tr | 0,2 | Tr | Tr | x | | Subidiomorfa | Tonalita |
| 31180 | EV 2 | 1081873 | 1354259 | 24 | 52 | | 10 | 12 | | | | | | Tr | Tr | | 2 | x | | Hipidiomorfa | Tonalita |
| 74932 | LJM-1419 | 1081573 | 1388019 | 21 | 41 | 4,5 | 23 | 9 | | | | | | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | x | | Hipidiomorfa | Tonalita |

Símbolos de minerales: Qtz: cuarzo; Pl: plagioclasa; Fsp: feldespato; Bt: biotita; Hbl: hornblenda; Cpx: clinopiroxeno, Opx: ortopiroxeno; Tr: tremolita, Act: actinolita; Ms: moscovita; Chl: clorita; Op: opacos; Ap: apatito; Zrn: circón, Ttn: titanita; Ep: epidota.
E: este; N: norte

Anexo 2. Análisis isotópicos U-Pb en circón

GR-6743, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | U (ppm)1 | Th (ppm)1 | Th/U | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s abs | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s abs | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s abs | Correlación de errores | ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th | ± 2s abs | Disc% | Error | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s | Mejor edad (Ma) | ± 2s |
|--------|-------------|--------------|------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------|--------|-------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|------|--------------------------------------|------|-----------------------|------|
| Zr-017 | 156,9 | 177 | 1,1 | 0,0976 | 0,007 | 0,403 | 0,02 | 0,0306 | 0,0007 | 0,083 | 0,013 | 0,0006 | 43,382 | 8,33% | 194,2 | 4,5 | 343 | 17 | 1.560 | 130 | 1.560 | 130 |
| Zr-028 | 243 | 327 | 1,3 | 0,0922 | 0,008 | 0,442 | 0,04 | 0,0346 | 0,0011 | 0,293 | 0,013 | 0,0016 | 40,863 | 9,66% | 219,4 | 6,7 | 371 | 29 | 1.450 | 140 | 1.450 | 140 |
| Zr-012 | 267 | 625 | 2,3 | 0,059 | 0,021 | 0,24 | 0,11 | 0,0303 | 0,0012 | 0,536 | 0,01 | 0,0013 | 13,288 | 3,84% | 192,5 | 7,4 | 222 | 69 | 540 | 310 | 192,5 | 7,4 |
| Zr-031 | 268,9 | 420 | 1,6 | 0,0543 | 0,004 | 0,22 | 0,01 | 0,0293 | 0,0008 | 0,114 | 0,009 | 0,0004 | 7,264 | 2,68% | 186,4 | 5 | 201 | 11 | 400 | 150 | 186,4 | 5 |
| Zr-043 | 207,8 | 299,4 | 1,4 | 0,0536 | 0,004 | 0,216 | 0,02 | 0,0298 | 0,0007 | 0,11 | 0,009 | 0,0004 | 4,444 | 2,27% | 189,2 | 4,3 | 198 | 13 | 350 | 150 | 189,2 | 4,3 |
| Zr-011 | 123,5 | 122,7 | 1 | 0,0489 | 0,004 | 0,206 | 0,02 | 0,0301 | 0,0008 | 0,078 | 0,009 | 0,0005 | -1,111 | 2,67% | 191,1 | 5,1 | 189 | 14 | 140 | 180 | 191,1 | 5,1 |
| Zr-039 | 302 | 437 | 1,4 | 0,054 | 0,005 | 0,224 | 0,02 | 0,0302 | 0,0007 | 0,14 | 0,009 | 0,0007 | 6,390 | 2,29% | 191,9 | 4,4 | 205 | 18 | 340 | 170 | 191,9 | 4,4 |
| Zr-038 | 630 | 956 | 1,5 | 0,0501 | 0,003 | 0,206 | 0,01 | 0,0304 | 0,0005 | 0,29 | 0,009 | 0,0004 | -1,634 | 1,56% | 192,8 | 3 | 189,7 | 8,5 | 200 | 120 | 192,8 | 3 |
| Zr-020 | 499 | 856 | 1,7 | 0,0509 | 0,002 | 0,2133 | 0,01 | 0,0304 | 0,0006 | 0,023 | 0,009 | 0,0004 | 1,478 | 1,81% | 193,3 | 3,5 | 196,2 | 6,8 | 220 | 100 | 193,3 | 3,5 |
| Zr-013 | 349,4 | 259 | 0,7 | 0,0517 | 0,003 | 0,217 | 0,01 | 0,0305 | 0,0005 | 0,087 | 0,01 | 0,0004 | 2,814 | 1,76% | 193,4 | 3,4 | 199 | 11 | 240 | 140 | 193,4 | 3,4 |
| Zr-016 | 358 | 552 | 1,5 | 0,0505 | 0,003 | 0,212 | 0,01 | 0,0305 | 0,0006 | 0,062 | 0,01 | 0,0004 | 1,627 | 1,76% | 193,5 | 3,4 | 196,7 | 9,3 | 220 | 120 | 193,5 | 3,4 |
| Zr-029 | 437 | 498 | 1,1 | 0,0522 | 0,004 | 0,226 | 0,02 | 0,0305 | 0,001 | 0,215 | 0,01 | 0,0006 | 6,425 | 3,10% | 193,7 | 6 | 207 | 13 | 320 | 120 | 193,7 | 6 |
| Zr-018 | 202 | 261 | 1,3 | 0,0515 | 0,004 | 0,214 | 0,02 | 0,0305 | 0,0008 | 0,222 | 0,009 | 0,0005 | 2,172 | 2,43% | 193,7 | 4,7 | 198 | 12 | 230 | 160 | 193,7 | 4,7 |
| Zr-021 | 582 | 1.000 | 1,7 | 0,0513 | 0,003 | 0,21 | 0,01 | 0,0305 | 0,0008 | 0,33 | 0,009 | 0,0005 | 1,173 | 2,53% | 193,7 | 4,9 | 196 | 11 | 230 | 140 | 193,7 | 4,9 |
| Zr-041 | 158,6 | 142,6 | 0,9 | 0,0539 | 0,005 | 0,228 | 0,02 | 0,0306 | 0,0007 | 0,051 | 0,009 | 0,0005 | 5,728 | 2,27% | 194,2 | 4,4 | 206 | 19 | 310 | 220 | 194,2 | 4,4 |
| Zr-033 | 350,5 | 1240 | 3,5 | 0,0499 | 0,004 | 0,214 | 0,01 | 0,0307 | 0,0006 | 0,026 | 0,01 | 0,0006 | 0,612 | 1,90% | 194,8 | 3,7 | 196 | 12 | 180 | 150 | 194,8 | 3,7 |
| Zr-034 | 282,5 | 206,2 | 0,7 | 0,051 | 0,004 | 0,213 | 0,01 | 0,0307 | 0,0006 | 0,021 | 0,01 | 0,0005 | 0,964 | 1,95% | 195,1 | 3,8 | 197 | 11 | 200 | 150 | 195,1 | 3,8 |
| Zr-032 | 444 | 865 | 1,9 | 0,0535 | 0,004 | 0,221 | 0,01 | 0,0308 | 0,0005 | 0,394 | 0,01 | 0,0004 | 3,317 | 1,69% | 195,3 | 3,3 | 202 | 10 | 310 | 140 | 195,3 | 3,3 |
| Zr-044 | 261,2 | 284,4 | 1,1 | 0,0497 | 0,003 | 0,212 | 0,01 | 0,0308 | 0,0007 | 0,128 | 0,009 | 0,0004 | -0,360 | 2,20% | 195,4 | 4,3 | 194,7 | 9,6 | 160 | 130 | 195,4 | 4,3 |
| Zr-025 | 380,1 | 485 | 1,3 | 0,0514 | 0,003 | 0,217 | 0,01 | 0,0308 | 0,0006 | 0,23 | 0,01 | 0,0004 | 1,111 | 1,94% | 195,8 | 3,8 | 198 | 11 | 240 | 140 | 195,8 | 3,8 |
| Zr-023 | 124,4 | 169,6 | 1,4 | 0,0492 | 0,005 | 0,21 | 0,02 | 0,0308 | 0,0007 | 0,07 | 0,01 | 0,0005 | -1,451 | 2,25% | 195,8 | 4,4 | 193 | 15 | 160 | 180 | 195,8 | 4,4 |
| Zr-014 | 554 | 780 | 1,4 | 0,0518 | 0,003 | 0,219 | 0,01 | 0,0311 | 0,0006 | 0,174 | 0,01 | 0,0004 | 2,522 | 2,03% | 197,1 | 4 | 202,2 | 8,6 | 250 | 120 | 197,1 | 4 |
| Zr-015 | 62,8 | 104 | 1,7 | 0,0524 | 0,006 | 0,225 | 0,02 | 0,0312 | 0,0011 | 0,018 | 0,01 | 0,0006 | 2,206 | 3,56% | 199,5 | 7,1 | 204 | 20 | 200 | 220 | 199,5 | 7,1 |
| Zr-010 | 491 | 708 | 1,4 | 0,0513 | 0,003 | 0,223 | 0,01 | 0,0315 | 0,0006 | 0,245 | 0,01 | 0,0005 | 2,157 | 1,85% | 199,6 | 3,7 | 204 | 8,9 | 240 | 120 | 199,6 | 3,7 |
| Zr-037 | 305 | 466 | 1,5 | 0,0525 | 0,003 | 0,227 | 0,01 | 0,0317 | 0,0007 | 0,121 | 0,01 | 0,0005 | 2,947 | 2,29% | 200,9 | 4,6 | 207 | 11 | 300 | 140 | 200,9 | 4,6 |
| Zr-042 | 235 | 318 | 1,4 | 0,0509 | 0,006 | 0,22 | 0,03 | 0,0317 | 0,0015 | 0,021 | 0,01 | 0,0013 | 0,000 | 4,58% | 201 | 9,2 | 201 | 22 | 210 | 220 | 201 | 9,2 |
| Zr-022 | 138,1 | 140,1 | 1 | 0,0493 | 0,004 | 0,216 | 0,02 | 0,0319 | 0,0009 | 0,052 | 0,01 | 0,0006 | -2,690 | 2,62% | 202,3 | 5,3 | 197 | 14 | 120 | 170 | 202,3 | 5,3 |
| Zr-019 | 155 | 184 | 1,2 | 0,0516 | 0,004 | 0,221 | 0,02 | 0,0319 | 0,0008 | 0,101 | 0,01 | 0,0005 | -0,746 | 2,52% | 202,5 | 5,1 | 201 | 14 | 210 | 170 | 202,5 | 5,1 |
| Zr-036 | 104,3 | 71,1 | 0,7 | 0,0515 | 0,005 | 0,233 | 0,02 | 0,032 | 0,001 | 0,194 | 0,012 | 0,0008 | 3,744 | 2,95% | 203,1 | 6 | 211 | 18 | 220 | 210 | 203,1 | 6 |
| Zr-026 | 183,5 | 355 | 1,9 | 0,0536 | 0,005 | 0,229 | 0,02 | 0,0321 | 0,0007 | 0,081 | 0,01 | 0,0005 | 2,679 | 2,11% | 203,4 | 4,3 | 209 | 15 | 290 | 180 | 203,4 | 4,3 |
| Zr-035 | 195,5 | 257,1 | 1,3 | 0,0517 | 0,003 | 0,229 | 0,01 | 0,0322 | 0,0008 | 0,258 | 0,01 | 0,0005 | 2,810 | 2,50% | 204,1 | 5,1 | 210 | 11 | 260 | 130 | 204,1 | 5,1 |
| Zr-024 | 154,7 | 147 | 1 | 0,0507 | 0,004 | 0,224 | 0,02 | 0,0323 | 0,0009 | 0,131 | 0,011 | 0,0007 | 0,631 | 2,69% | 204,7 | 5,5 | 206 | 12 | 220 | 170 | 204,7 | 5,5 |
| Zr-027 | 130,6 | 176 | 1,3 | 0,0486 | 0,004 | 0,212 | 0,02 | 0,0324 | 0,001 | 0,013 | 0,01 | 0,0006 | -5,773 | 2,92% | 205,2 | 6 | 194 | 14 | 120 | 180 | 205,2 | 6 |
| Zr-040 | 105,2 | 64,8 | 0,6 | 0,0563 | 0,005 | 0,263 | 0,02 | 0,0336 | 0,0009 | 0,01 | 0,012 | 0,0008 | 9,873 | 2,73% | 212,7 | 5,8 | 236 | 19 | 410 | 190 | 212,7 | 5,8 |
| Zr-030 | 77 | 122 | 1,6 | 0,051 | 0,005 | 0,252 | 0,03 | 0,0365 | 0,0013 | 0,049 | 0,015 | 0,0009 | -2,622 | 3,42% | 230,9 | 7,9 | 225 | 20 | 150 | 200 | 230,9 | 7,9 |

GZ-6848A, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disc | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | Error | Aproximación ^{238}U (ppm) | Th/U |
|-------|---|---|---|---|---|--|--|--------|--|-----------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| Zr-4 | 0,415 | 0,022 | 0,032 | 0,00053 | 0,10722 | 0,107 | 352 | 83,579 | 191,743 | 7,319 | 3,817 | 335,8 | 1,552 |
| Zr-22 | 0,369 | 0,03 | 0,03241 | 0,00081 | 0,1 | -0,023 | 318 | 61,289 | 197,161 | 8,299 | 4,209 | 121,6 | 0,939 |
| Zr-28 | 0,229 | 0,019 | 0,02893 | 0,00076 | 0,1 | -0,018 | 217 | 19,282 | 181,921 | 7,299 | 4,012 | 244 | 1,914 |
| Zr-6 | 0,243 | 0,018 | 0,03095 | 0,00048 | 0,029091 | 0,029 | 219 | 12,483 | 194,696 | 6,610 | 3,395 | 315 | 0,733 |
| Zr-7 | 0,229 | 0,014 | 0,02964 | 0,0006 | 0,25141 | 0,251 | 209 | 11,919 | 186,742 | 6,664 | 3,569 | 415 | 1,313 |
| Zr-26 | 0,233 | 0,015 | 0,03008 | 0,00048 | 0,040081 | 0,040 | 211 | 11,186 | 189,772 | 6,392 | 3,368 | 191,6 | 1,279 |
| Zr-30 | 0,2383 | 0,006 | 0,03107 | 0,00033 | 0,28881 | 0,289 | 217,3 | 10,822 | 196,079 | 6,075 | 3,098 | 1.581 | 2,549 |
| Zr-33 | 0,206 | 0,013 | 0,02918 | 0,00044 | 0,1 | -0,010 | 191 | 3,090 | 185,275 | 6,036 | 3,258 | 259 | 1,425 |
| Zr-1 | 0,1942 | 0,0077 | 0,02951 | 0,00046 | 0,14735 | 0,147 | 180,7 | -3,884 | 188,002 | 6,118 | 3,254 | 988 | 1,180 |
| Zr-23 | 0,203 | 0,0071 | 0,02966 | 0,00027 | 0,18995 | 0,190 | 187,8 | -0,423 | 188,597 | 5,710 | 3,028 | 582 | 1,120 |
| Zr-27 | 0,217 | 0,013 | 0,02996 | 0,00046 | 0,042252 | 0,042 | 197 | 3,715 | 189,944 | 6,289 | 3,311 | 218,7 | 1,582 |
| Zr-20 | 0,2181 | 0,0091 | 0,03035 | 0,00037 | 0,40463 | 0,405 | 199,7 | 3,863 | 192,273 | 6,101 | 3,173 | 635 | 2,819 |
| Zr-18 | 0,207 | 0,015 | 0,03025 | 0,00048 | 0,078746 | 0,079 | 190 | -1,215 | 192,336 | 6,355 | 3,304 | 173,3 | 0,910 |
| Zr-9 | 0,205 | 0,016 | 0,03055 | 0,0006 | 0,18016 | 0,180 | 195 | 0,524 | 193,984 | 6,658 | 3,432 | 147 | 1,388 |
| Zr-13 | 0,2157 | 0,0096 | 0,03064 | 0,00037 | 0,11466 | 0,115 | 198,3 | 2,105 | 194,212 | 6,110 | 3,146 | 705 | 2,369 |
| Zr-32 | 0,2132 | 0,0095 | 0,03066 | 0,00038 | 0,070827 | 0,071 | 195,5 | 0,436 | 194,652 | 6,161 | 3,165 | 493 | 1,929 |
| Zr-21 | 0,232 | 0,014 | 0,03092 | 0,00048 | 0,29584 | 0,296 | 210 | 7,507 | 195,337 | 6,453 | 3,303 | 207 | 1,111 |
| Zr-19 | 0,198 | 0,015 | 0,03095 | 0,00048 | 0,1 | -0,017 | 183 | -7,341 | 197,498 | 6,469 | 3,275 | 168,2 | 1,435 |
| Zr-16 | 0,232 | 0,016 | 0,03136 | 0,0006 | 0,19326 | 0,193 | 214 | 8,073 | 198,015 | 6,712 | 3,389 | 114,8 | 1,890 |
| Zr-14 | 0,208 | 0,0096 | 0,03114 | 0,00046 | 0,080814 | 0,081 | 192,4 | -2,942 | 198,233 | 6,391 | 3,224 | 360 | 1,767 |
| Zr-38 | 0,2182 | 0,0076 | 0,03125 | 0,00033 | 0,1747 | 0,175 | 200,8 | 1,243 | 198,336 | 6,105 | 3,078 | 850 | 1,247 |
| Zr-37 | 0,216 | 0,0078 | 0,03124 | 0,00031 | 0,1054 | 0,105 | 199,3 | 0,419 | 198,469 | 6,034 | 3,040 | 715 | 0,636 |
| Zr-15 | 0,2361 | 0,0077 | 0,0315 | 0,00056 | 0,40221 | 0,402 | 214,3 | 7,950 | 198,518 | 6,677 | 3,364 | 1.290 | 2,457 |
| Zr-12 | 0,2177 | 0,0092 | 0,03134 | 0,00034 | 0,1238 | 0,124 | 199,9 | 0,552 | 198,802 | 6,113 | 3,075 | 428 | 1,150 |
| Zr-36 | 0,239 | 0,01 | 0,03155 | 0,00046 | 0,3109 | 0,311 | 217,7 | 9,313 | 199,153 | 6,504 | 3,266 | 651 | 0,556 |
| Zr-11 | 0,2112 | 0,0072 | 0,03147 | 0,00044 | 0,22741 | 0,227 | 196 | -1,922 | 199,842 | 6,399 | 3,202 | 1.630 | 1,196 |
| Zr-24 | 0,2267 | 0,0072 | 0,03161 | 0,00033 | 0,21961 | 0,220 | 206,7 | 3,298 | 200,100 | 6,184 | 3,091 | 693 | 1,486 |
| Zr-3 | 0,2165 | 0,0079 | 0,03165 | 0,00035 | 0,41338 | 0,413 | 198 | -1,369 | 200,749 | 6,228 | 3,102 | 878 | 0,772 |
| Zr-35 | 0,2283 | 0,0086 | 0,03182 | 0,00035 | 0,15201 | 0,152 | 209,1 | 3,725 | 201,591 | 6,243 | 3,097 | 746 | 1,165 |
| Zr-17 | 0,205 | 0,014 | 0,03162 | 0,0005 | 0,022745 | 0,023 | 187 | -7,244 | 201,605 | 6,596 | 3,272 | 163,6 | 1,346 |
| Zr-34 | 0,225 | 0,016 | 0,03199 | 0,00053 | 0,16757 | 0,168 | 205 | 1,106 | 202,758 | 6,704 | 3,307 | 200 | 1,370 |
| Zr-10 | 0,2141 | 0,0087 | 0,03193 | 0,00048 | 0,061266 | 0,061 | 196,3 | -3,305 | 203,009 | 6,585 | 3,244 | 443 | 0,837 |
| Zr-29 | 0,222 | 0,012 | 0,0325 | 0,00045 | 0,12248 | 0,122 | 206 | -0,226 | 206,467 | 6,609 | 3,201 | 318 | 1,189 |
| Zr-25 | 0,58 | 0,022 | 0,0726 | 0,0012 | 0,53091 | 0,531 | 462 | 2,432 | 451,029 | 14,998 | 3,325 | 396,8 | 0,110 |
| Zr-31 | 1,455 | 0,03 | 0,1465 | 0,0021 | 0,56489 | 0,565 | 910 | 3,650 | 877,951 | 28,822 | 3,283 | 421,9 | 0,293 |
| Zr-2 | 1,768 | 0,037 | 0,1677 | 0,0017 | 0,5154 | 0,515 | 1.036 | 4,288 | 993,407 | 31,254 | 3,146 | 531 | 0,046 |
| Zr-8 | 1,879 | 0,042 | 0,175 | 0,0019 | 0,23974 | 0,240 | 1.073 | 3,650 | 1.035,214 | 32,979 | 3,186 | 278 | 0,190 |
| Zr-5 | 2,05 | 0,043 | 0,194 | 0,0018 | 0,33612 | 0,336 | 1.133 | -0,904 | 1.143,332 | 36,040 | 3,152 | 290 | 0,282 |

JGB-642, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | U (ppm) ¹ | Th (ppm) ¹ | Th/U | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s abs | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ± 2s abs | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s abs | Correlación de errores | ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th | ± 2s abs | Disc % | Error | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s | Mejor edad (Ma) | ± 2s | | |
|--------|----------------------|-----------------------|------|--------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|------------------------|--------------------------------------|----------|--------|-------|--|--|--------------------------------------|------|-----------------|------|---------|-------|
| Zr-058 | 110 | 186 | 1,69 | 0,0970 | 0,0130 | 0,4480 | 0,0610 | 0,0330 | 0,0010 | 0,43 | 0,0128 | 0,0008 | 43,82 | 16,55 | 209,0 | 5,9 | 372,0 | 42,0 | 1.450,0 | 240 | 1.450,0 | 240,0 |
| Zr-067 | 102 | 136 | 1,33 | 0,0813 | 0,0063 | 0,3530 | 0,0320 | 0,0308 | 0,0011 | 0,51 | 0,0121 | 0,0008 | 36,90 | 3,43 | 195,6 | 6,7 | 310,0 | 23,0 | 1.240,0 | 110 | 195,6 | 6,7 |
| Zr-047 | 71 | 75 | 1,06 | 0,0683 | 0,0089 | 0,2870 | 0,0380 | 0,0316 | 0,0013 | 0,12 | 0,0120 | 0,0009 | 22,21 | 3,94 | 200,7 | 7,9 | 258,0 | 29,0 | 970,0 | 140 | 200,7 | 7,9 |
| Zr-040 | 33 | 44 | 1,33 | 0,0650 | 0,0098 | 0,2840 | 0,0380 | 0,0308 | 0,0017 | 0,18 | 0,0112 | 0,0009 | 21,29 | 5,10 | 196,0 | 10,0 | 249,0 | 30,0 | 840,0 | 130 | 196,0 | 10,0 |
| Zr-057 | 207 | 170 | 0,82 | 0,0620 | 0,0044 | 0,2510 | 0,0180 | 0,0291 | 0,0006 | 0,34 | 0,0100 | 0,0005 | 18,32 | 2,06 | 184,6 | 3,8 | 226,0 | 14,0 | 690,0 | 77 | 184,6 | 3,8 |
| Zr-069 | 222 | 449 | 2,02 | 0,0471 | 0,0034 | 0,2010 | 0,0140 | 0,0309 | 0,0006 | 0,09 | 0,0100 | 0,0004 | -6,11 | 1,94 | 196,3 | 3,8 | 185,0 | 11,0 | 323,0 | 78 | 196,3 | 3,8 |
| Zr-068 | 115 | 147 | 1,28 | 0,0466 | 0,0037 | 0,2150 | 0,0160 | 0,0336 | 0,0008 | 0,13 | 0,0101 | 0,0005 | -8,17 | 2,35 | 213,1 | 5,0 | 197,0 | 14,0 | 221,0 | 68 | 213,1 | 5,0 |
| Zr-041 | 111 | 113 | 1,02 | 0,0430 | 0,0037 | 0,1970 | 0,0170 | 0,0327 | 0,0009 | 0,13 | 0,0104 | 0,0005 | 12,83 | 2,79 | 207,6 | 5,8 | 184,0 | 14,0 | 304,0 | 95 | 207,6 | 5,8 |
| Zr-070 | 206 | 351 | 1,70 | 0,0519 | 0,0034 | 0,2170 | 0,0120 | 0,0296 | 0,0007 | 0,05 | 0,0089 | 0,0004 | 5,63 | 2,24 | 187,8 | 4,2 | 199,0 | 10,0 | 355,0 | 68 | 187,8 | 4,2 |
| Zr-056 | 241 | 397 | 1,65 | 0,0494 | 0,0026 | 0,2161 | 0,0095 | 0,0303 | 0,0006 | 0,03 | 0,0096 | 0,0004 | 2,98 | 1,98 | 192,2 | 3,8 | 198,1 | 7,9 | 382,0 | 56 | 192,2 | 3,8 |
| Zr-039 | 184 | 587 | 3,19 | 0,0508 | 0,0037 | 0,2160 | 0,0160 | 0,0303 | 0,0007 | 0,16 | 0,0100 | 0,0004 | 4,28 | 2,13 | 192,4 | 4,1 | 201,0 | 13,0 | 360,0 | 77 | 192,4 | 4,1 |
| Zr-048 | 279 | 436 | 1,56 | 0,0500 | 0,0036 | 0,2150 | 0,0140 | 0,0305 | 0,0006 | 0,07 | 0,0094 | 0,0004 | 2,07 | 1,81 | 193,9 | 3,5 | 198,0 | 11,0 | 304,0 | 64 | 193,9 | 3,5 |
| Zr-038 | 131 | 266 | 2,03 | 0,0477 | 0,0042 | 0,2050 | 0,0160 | 0,0306 | 0,0008 | 0,05 | 0,0098 | 0,0004 | -3,46 | 2,52 | 194,5 | 4,9 | 188,0 | 14,0 | 346,0 | 83 | 194,5 | 4,9 |
| Zr-065 | 348 | 834 | 2,40 | 0,0495 | 0,0024 | 0,2083 | 0,0090 | 0,0307 | 0,0006 | 0,10 | 0,0095 | 0,0003 | -0,88 | 1,80 | 194,7 | 3,5 | 193,0 | 7,5 | 291,0 | 77 | 194,7 | 3,5 |
| Zr-060 | 273 | 858 | 3,14 | 0,0517 | 0,0030 | 0,2210 | 0,0120 | 0,0308 | 0,0006 | 0,04 | 0,0092 | 0,0003 | 4,73 | 2,00 | 195,3 | 3,9 | 205,0 | 10,0 | 388,0 | 74 | 195,3 | 3,9 |
| Zr-042 | 413 | 257 | 0,62 | 0,0495 | 0,0024 | 0,2110 | 0,0098 | 0,0308 | 0,0005 | 0,04 | 0,0097 | 0,0004 | -0,62 | 1,64 | 195,3 | 3,2 | 194,1 | 8,0 | 236,0 | 52 | 195,3 | 3,2 |
| Zr-061 | 150 | 235 | 1,57 | 0,0517 | 0,0041 | 0,2170 | 0,0160 | 0,0309 | 0,0008 | 0,12 | 0,0094 | 0,0004 | 0,91 | 2,45 | 196,2 | 4,8 | 198,0 | 13,0 | 412,0 | 88 | 196,2 | 4,8 |
| Zr-055 | 140 | 258 | 1,84 | 0,0509 | 0,0038 | 0,2190 | 0,0160 | 0,0310 | 0,0007 | 0,34 | 0,0099 | 0,0004 | 1,60 | 2,18 | 196,8 | 4,3 | 200,0 | 13,0 | 358,0 | 69 | 196,8 | 4,3 |
| Zr-063 | 106 | 114 | 1,08 | 0,0480 | 0,0037 | 0,2070 | 0,0150 | 0,0311 | 0,0008 | 0,05 | 0,0098 | 0,0005 | -3,89 | 2,43 | 197,4 | 4,8 | 190,0 | 12,0 | 381,0 | 49 | 197,4 | 4,8 |
| Zr-044 | 91 | 96 | 1,05 | 0,0509 | 0,0046 | 0,2190 | 0,0170 | 0,0311 | 0,0010 | 0,18 | 0,0093 | 0,0005 | 2,61 | 2,98 | 197,7 | 5,9 | 203,0 | 14,0 | 414,0 | 98 | 197,7 | 5,9 |
| Zr-046 | 107 | 121 | 1,13 | 0,0528 | 0,0047 | 0,2190 | 0,0180 | 0,0312 | 0,0009 | 0,02 | 0,0100 | 0,0005 | 1,98 | 2,78 | 198,0 | 5,5 | 202,0 | 15,0 | 493,0 | 94 | 198,0 | 5,5 |
| Zr-066 | 616 | 809 | 1,31 | 0,0503 | 0,0019 | 0,2161 | 0,0063 | 0,0312 | 0,0005 | 0,18 | 0,0097 | 0,0003 | 0,15 | 1,51 | 198,3 | 3,0 | 198,6 | 5,2 | 231,0 | 48 | 198,3 | 3,0 |
| Zr-053 | 167 | 331 | 1,98 | 0,0489 | 0,0035 | 0,2120 | 0,0130 | 0,0312 | 0,0008 | 0,23 | 0,0100 | 0,0004 | -1,69 | 2,47 | 198,3 | 4,9 | 195,0 | 11,0 | 267,0 | 60 | 198,3 | 4,9 |
| Zr-050 | 154 | 196 | 1,27 | 0,0498 | 0,0032 | 0,2150 | 0,0140 | 0,0313 | 0,0007 | 0,11 | 0,0100 | 0,0005 | -0,76 | 2,12 | 198,5 | 4,2 | 197,0 | 12,0 | 339,0 | 82 | 198,5 | 4,2 |
| Zr-036 | 127 | 166 | 1,31 | 0,0549 | 0,0040 | 0,2370 | 0,0170 | 0,0313 | 0,0009 | 0,09 | 0,0101 | 0,0004 | 7,53 | 2,72 | 198,8 | 5,4 | 215,0 | 14,0 | 511,0 | 69 | 198,8 | 5,4 |
| Zr-059 | 1.021 | 742 | 0,73 | 0,0494 | 0,0017 | 0,2147 | 0,0061 | 0,0314 | 0,0005 | 0,04 | 0,0096 | 0,0003 | -0,91 | 1,56 | 199,2 | 3,1 | 197,4 | 5,1 | 190,0 | 50 | 199,2 | 3,1 |
| Zr-054 | 345 | 528 | 1,53 | 0,0496 | 0,0025 | 0,2131 | 0,0097 | 0,0313 | 0,0008 | 0,09 | 0,0101 | 0,0004 | -1,79 | 2,51 | 199,3 | 5,0 | 195,8 | 8,1 | 230,0 | 55 | 199,3 | 5,0 |
| Zr-049 | 146 | 225 | 1,54 | 0,0508 | 0,0033 | 0,2240 | 0,0130 | 0,0316 | 0,0008 | 0,15 | 0,0095 | 0,0004 | 1,81 | 2,50 | 200,3 | 5,0 | 204,0 | 11,0 | 311,0 | 57 | 200,3 | 5,0 |
| Zr-045 | 159 | 230 | 1,45 | 0,0506 | 0,0040 | 0,2190 | 0,0160 | 0,0314 | 0,0007 | 0,08 | 0,0102 | 0,0004 | -0,15 | 2,15 | 200,3 | 4,3 | 200,0 | 13,0 | 386,0 | 70 | 200,3 | 4,3 |
| Zr-037 | 327 | 732 | 2,24 | 0,0496 | 0,0031 | 0,2150 | 0,0120 | 0,0316 | 0,0007 | 0,07 | 0,0098 | 0,0004 | -1,62 | 2,00 | 200,4 | 4,0 | 197,2 | 9,8 | 377,0 | 88 | 200,4 | 4,0 |
| Zr-051 | 156 | 252 | 1,62 | 0,0487 | 0,0037 | 0,2160 | 0,0150 | 0,0317 | 0,0007 | 0,08 | 0,0098 | 0,0004 | -1,46 | 2,14 | 200,9 | 4,3 | 198,0 | 12,0 | 306,0 | 64 | 200,9 | 4,3 |
| Zr-043 | 243 | 270 | 1,11 | 0,0529 | 0,0027 | 0,2324 | 0,0099 | 0,0320 | 0,0008 | 0,03 | 0,0105 | 0,0004 | 4,16 | 2,41 | 202,9 | 4,9 | 211,7 | 8,1 | 354,0 | 65 | 202,9 | 4,9 |
| Zr-064 | 53 | 66 | 1,25 | 0,0539 | 0,0057 | 0,2340 | 0,0230 | 0,0323 | 0,0012 | 0,14 | 0,0102 | 0,0006 | 4,25 | 3,71 | 204,9 | 7,6 | 214,0 | 20,0 | 557,0 | 97 | 204,9 | 7,6 |
| Zr-062 | 151 | 211 | 1,40 | 0,0518 | 0,0037 | 0,2330 | 0,0150 | 0,0323 | 0,0007 | 0,18 | 0,0105 | 0,0005 | 3,30 | 2,24 | 205,0 | 4,6 | 212,0 | 12,0 | 358,0 | 69 | 205,0 | 4,6 |
| Zr-052 | 54 | 96 | 1,78 | 0,0491 | 0,0058 | 0,2200 | 0,0290 | 0,0324 | 0,0016 | 0,24 | 0,0101 | 0,0006 | -3,32 | 4,72 | 205,6 | 9,7 | 199,0 | 23,0 | 478,0 | 93 | 205,6 | 9,7 |

MIA-648B, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disco | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | % de error? | Relación final $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ | Edad corregida $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (Ma) | Th/U |
|----|---|---|---|---|---|--|--|---------|--|-----------------------------|-------------|---|--|------|
| 1 | 14,02 | 0,74 | 0,17 | 0,01 | 0,50 | 0,50 | 2.744,00 | 651,46 | 365,16 | 54,59 | 14,95 | 1,37 | 365,16 | 0,73 |
| 10 | 1,10 | 0,10 | 0,04 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 711,00 | 206,22 | 232,18 | 11,02 | 4,75 | 1,09 | 232,18 | 0,92 |
| 73 | 0,80 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,84 | 0,84 | 562,00 | 170,17 | 208,02 | 8,75 | 4,21 | 0,35 | 208,02 | 2,83 |
| 58 | 0,50 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 427,00 | 109,48 | 203,83 | 11,50 | 5,64 | 1,04 | 203,83 | 0,96 |
| 16 | 0,80 | 0,15 | 0,04 | 0,00 | 0,23 | 0,23 | 468,00 | 92,07 | 243,66 | 15,48 | 6,35 | 1,71 | 243,66 | 0,58 |
| 13 | 0,59 | 0,11 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 391,00 | 78,29 | 219,30 | 12,98 | 5,92 | 0,64 | 219,30 | 1,57 |
| 59 | 0,47 | 0,07 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | -0,04 | 359,00 | 71,38 | 209,48 | 10,47 | 5,00 | 0,62 | 209,48 | 1,61 |
| 50 | 0,36 | 0,07 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | -0,05 | 313,00 | 58,30 | 197,73 | 10,64 | 5,38 | 1,25 | 197,73 | 0,80 |
| 32 | 0,38 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | 326,00 | 57,79 | 206,61 | 12,93 | 6,26 | 0,66 | 206,61 | 1,51 |
| 56 | 0,39 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 340,00 | 57,53 | 215,83 | 11,40 | 5,28 | 1,30 | 215,83 | 0,77 |
| 26 | 0,31 | 0,11 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 337,00 | 57,04 | 214,60 | 17,53 | 8,17 | 0,78 | 214,60 | 1,28 |
| 31 | 0,52 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 409,00 | 56,97 | 260,56 | 12,33 | 4,73 | 1,31 | 260,56 | 0,76 |
| 76 | 0,41 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | -0,02 | 341,00 | 50,98 | 225,86 | 10,70 | 4,74 | 3,09 | 225,86 | 0,32 |
| 64 | 0,40 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 337,00 | 48,81 | 226,46 | 8,28 | 3,65 | 0,80 | 226,46 | 1,25 |
| 18 | 0,44 | 0,08 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | -0,04 | 332,00 | 41,76 | 234,20 | 12,17 | 5,20 | 1,25 | 234,20 | 0,80 |
| 27 | 0,40 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,57 | 0,57 | 336,00 | 38,47 | 242,65 | 11,69 | 4,82 | 7,77 | 242,65 | 0,13 |
| 33 | 0,31 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | -0,02 | 279,00 | 32,44 | 210,66 | 9,24 | 4,39 | 0,76 | 210,66 | 1,31 |
| 51 | 0,34 | 0,06 | 0,04 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 283,00 | 30,85 | 216,28 | 10,13 | 4,68 | 1,41 | 216,28 | 0,71 |
| 53 | 0,28 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | -0,03 | 253,00 | 24,83 | 202,67 | 7,82 | 3,86 | 0,57 | 202,67 | 1,75 |
| 36 | 0,27 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 255,00 | 23,51 | 206,46 | 9,26 | 4,48 | 0,73 | 206,46 | 1,36 |
| 12 | 0,33 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | 269,00 | 22,40 | 219,78 | 9,20 | 4,19 | 0,63 | 219,78 | 1,59 |
| 72 | 0,31 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 248,00 | 19,71 | 207,17 | 8,49 | 4,10 | 0,80 | 207,17 | 1,26 |
| 15 | 0,30 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 265,00 | 19,67 | 221,44 | 8,23 | 3,72 | 4,78 | 221,44 | 0,21 |
| 71 | 0,32 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,26 | 0,26 | 278,00 | 19,14 | 233,33 | 10,08 | 4,32 | 3,04 | 233,33 | 0,33 |
| 68 | 0,53 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 421,00 | 17,70 | 357,70 | 18,45 | 5,16 | 51,22 | 357,70 | 0,02 |
| 29 | 0,29 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | -0,05 | 254,00 | 17,46 | 216,25 | 8,40 | 3,88 | 1,27 | 216,25 | 0,78 |
| 85 | 0,29 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 259,00 | 16,69 | 221,96 | 10,16 | 4,58 | 4,94 | 221,96 | 0,20 |
| 60 | 0,38 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | 322,00 | 16,53 | 276,32 | 13,06 | 4,73 | 2,80 | 276,32 | 0,36 |
| 61 | 0,27 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 241,00 | 16,48 | 206,91 | 8,51 | 4,11 | 0,94 | 206,91 | 1,07 |
| 11 | 0,26 | 0,09 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 248,00 | 15,77 | 214,23 | 13,42 | 6,26 | 0,63 | 214,23 | 1,59 |
| 24 | 0,27 | 0,12 | 0,04 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 258,00 | 15,08 | 224,19 | 15,38 | 6,86 | 0,55 | 224,19 | 1,82 |
| 20 | 0,21 | 0,11 | 0,03 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 174,00 | -12,67 | 199,25 | 29,70 | 14,91 | 0,72 | 199,25 | 1,38 |
| 7 | 0,29 | 0,12 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 217,00 | 5,32 | 206,04 | 17,81 | 8,64 | 0,61 | 206,04 | 1,64 |
| 9 | 0,27 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 212,00 | 2,90 | 206,03 | 13,09 | 6,35 | 0,57 | 206,03 | 1,76 |
| 47 | 0,20 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,18 | 0,18 | 163,00 | -18,22 | 199,32 | 11,98 | 6,01 | 0,53 | 199,32 | 1,90 |
| 39 | 0,24 | 0,08 | 0,03 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 224,00 | 13,16 | 197,95 | 11,04 | 5,58 | 0,64 | 197,95 | 1,57 |
| 67 | 0,24 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 202,00 | -0,22 | 202,44 | 8,51 | 4,21 | 1,74 | 202,44 | 0,57 |
| 63 | 0,22 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 198,00 | -2,45 | 202,97 | 9,45 | 4,65 | 0,80 | 202,97 | 1,25 |
| 78 | 0,27 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 234,00 | 14,41 | 204,52 | 7,04 | 3,44 | 1,30 | 204,52 | 0,77 |
| 82 | 0,24 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 217,00 | 5,89 | 204,92 | 9,08 | 4,43 | 0,98 | 204,92 | 1,02 |
| 83 | 0,25 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 213,00 | 3,94 | 204,92 | 9,13 | 4,46 | 0,88 | 204,92 | 1,13 |
| 70 | 0,20 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 184,00 | -10,40 | 205,35 | 10,83 | 5,27 | 0,67 | 205,35 | 1,49 |
| 17 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 226,00 | 9,62 | 206,16 | 9,31 | 4,52 | 0,95 | 206,16 | 1,05 |
| 84 | 0,23 | 0,04 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 191,00 | -7,38 | 206,21 | 8,55 | 4,15 | 0,83 | 206,21 | 1,21 |
| 54 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 236,00 | 14,39 | 206,32 | 9,25 | 4,48 | 0,45 | 206,32 | 2,23 |
| 75 | 0,25 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,23 | 0,23 | 219,00 | 5,85 | 206,90 | 6,42 | 3,10 | 1,80 | 206,90 | 0,56 |
| 66 | 0,24 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,31 | 0,31 | 211,00 | 1,90 | 207,07 | 6,25 | 3,02 | 1,11 | 207,07 | 0,90 |
| 48 | 0,24 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 220,00 | 6,20 | 207,16 | 6,39 | 3,08 | 1,46 | 207,16 | 0,68 |
| 41 | 0,26 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 225,00 | 8,54 | 207,30 | 7,08 | 3,42 | 0,65 | 207,30 | 1,54 |
| 77 | 0,23 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 206,00 | -0,70 | 207,46 | 7,06 | 3,40 | 1,16 | 207,46 | 0,86 |
| 80 | 0,25 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 213,00 | 2,24 | 208,34 | 9,20 | 4,42 | 0,96 | 208,34 | 1,04 |
| 49 | 0,26 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,10 | -0,04 | 225,00 | 7,79 | 208,74 | 9,40 | 4,51 | 0,66 | 208,74 | 1,52 |
| 22 | 0,24 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 210,00 | 0,55 | 208,85 | 7,08 | 3,39 | 0,44 | 208,85 | 2,30 |

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disco | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | % de error? | Relación final $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | Th/U |
|----|---|---|---|---|---|--|--|---------|--|-----------------------------|-------------|---|--|------|
| 2 | 0,23 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 231,00 | 9,14 | 211,65 | 11,48 | 5,42 | 0,87 | 211,65 | 1,15 |
| 45 | 0,28 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 243,00 | 14,71 | 211,83 | 7,01 | 3,31 | 0,57 | 211,83 | 1,75 |
| 52 | 0,22 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 195,00 | -8,47 | 213,05 | 7,03 | 3,30 | 1,11 | 213,05 | 0,90 |
| 25 | 0,24 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,08 | 0,08 | 234,00 | 9,19 | 214,31 | 9,44 | 4,40 | 0,68 | 214,31 | 1,47 |
| 42 | 0,20 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,11 | 0,11 | 185,00 | -14,55 | 216,50 | 7,72 | 3,57 | 1,65 | 216,50 | 0,61 |
| 28 | 0,31 | 0,09 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 192,00 | -11,71 | 217,47 | 11,95 | 5,49 | 0,84 | 217,47 | 1,19 |
| 14 | 0,26 | 0,05 | 0,03 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 222,00 | 1,93 | 217,79 | 9,80 | 4,50 | 0,79 | 217,79 | 1,26 |
| 81 | 0,28 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 231,00 | 5,99 | 217,94 | 9,37 | 4,30 | 1,43 | 217,94 | 0,70 |
| 74 | 0,26 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 222,00 | 1,84 | 217,99 | 6,39 | 2,93 | 1,09 | 217,99 | 0,92 |
| 62 | 0,24 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 215,00 | -1,63 | 218,56 | 6,39 | 2,92 | 1,03 | 218,56 | 0,97 |
| 21 | 0,28 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,17 | 0,17 | 249,00 | 13,41 | 219,56 | 7,71 | 3,51 | 0,93 | 219,56 | 1,08 |
| 35 | 0,25 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 220,00 | 0,07 | 219,85 | 8,36 | 3,80 | 0,92 | 219,85 | 1,08 |
| 23 | 0,32 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 225,00 | 1,95 | 220,70 | 7,99 | 3,62 | 0,56 | 220,70 | 1,80 |
| 79 | 0,27 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 232,00 | 4,88 | 221,20 | 7,70 | 3,48 | 1,32 | 221,20 | 0,76 |
| 57 | 0,24 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 218,00 | -1,45 | 221,21 | 7,76 | 3,51 | 0,62 | 221,21 | 1,61 |
| 3 | 0,27 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,27 | 0,27 | 241,00 | 7,67 | 223,84 | 8,84 | 3,95 | 13,12 | 223,84 | 0,08 |
| 38 | 0,29 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 253,00 | 12,84 | 224,22 | 9,12 | 4,07 | 1,40 | 224,22 | 0,71 |
| 44 | 0,24 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,09 | 224,00 | -0,18 | 224,41 | 6,98 | 3,11 | 0,74 | 224,41 | 1,35 |
| 6 | 0,26 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 229,00 | 1,75 | 225,06 | 9,08 | 4,04 | 0,44 | 225,06 | 2,28 |
| 46 | 0,29 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 255,00 | 13,09 | 225,48 | 9,27 | 4,11 | 0,61 | 225,48 | 1,65 |
| 43 | 0,28 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 249,00 | 9,77 | 226,84 | 9,09 | 4,01 | 1,50 | 226,84 | 0,67 |
| 30 | 0,27 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,31 | 0,31 | 240,00 | 5,73 | 226,99 | 7,59 | 3,34 | 1,38 | 226,99 | 0,73 |
| 65 | 0,24 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,27 | 0,27 | 216,00 | -5,06 | 227,52 | 6,35 | 2,79 | 0,54 | 227,52 | 1,84 |
| 19 | 0,28 | 0,09 | 0,04 | 0,00 | 0,10 | -0,06 | 207,00 | -13,03 | 238,02 | 13,33 | 5,60 | 1,05 | 238,02 | 0,95 |
| 37 | 0,29 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 257,00 | 7,77 | 238,46 | 10,71 | 4,49 | 2,56 | 238,46 | 0,39 |
| 34 | 0,31 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 253,00 | 3,99 | 243,30 | 9,19 | 3,78 | 1,21 | 243,30 | 0,83 |
| 55 | 0,29 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,15 | 0,15 | 260,00 | 6,33 | 244,53 | 9,89 | 4,05 | 0,85 | 244,53 | 1,18 |
| 4 | 0,35 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 270,00 | 8,89 | 247,95 | 10,30 | 4,15 | 2,39 | 247,95 | 0,42 |
| 69 | 0,30 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,16 | 0,16 | 260,00 | 4,37 | 249,12 | 8,86 | 3,56 | 7,85 | 249,12 | 0,13 |
| 8 | 0,31 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,19 | 0,19 | 274,00 | 2,37 | 267,66 | 10,29 | 3,85 | 0,65 | 267,66 | 1,55 |
| 40 | 0,37 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 310,00 | 7,57 | 288,17 | 11,67 | 4,05 | 3,28 | 288,17 | 0,30 |
| 5 | 0,42 | 0,10 | 0,05 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 325,00 | 1,36 | 320,64 | 15,93 | 4,97 | 2,29 | 320,64 | 0,44 |

MIA-648A, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disc | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | Error | Aproximación ^{238}U (ppm) | Th/U |
|-------|---|---|---|---|---|--|--|--------|--|-----------------------------|-------|-------------------------------------|------|
| Zr-36 | 0,694 | 0,036 | 0,03456 | 0,00056 | 0,65699 | 0,657 | 530 | 173,0 | 194,127 | 7,208 | 3,71 | 767 | 2,55 |
| Zr-45 | 0,332 | 0,028 | 0,02989 | 0,00062 | 0,51654 | 0,517 | 281 | 53,8 | 182,717 | 6,426 | 3,52 | 313 | 1,98 |
| Zr-19 | 0,275 | 0,016 | 0,03077 | 0,00044 | 0,32724 | 0,327 | 247 | 28,9 | 191,636 | 5,902 | 3,08 | 343 | 1,19 |
| Zr-46 | 0,284 | 0,024 | 0,03072 | 0,00066 | 0,60041 | 0,600 | 246 | 28,8 | 190,964 | 6,425 | 3,36 | 417 | 0,62 |
| Zr-6 | 0,286 | 0,032 | 0,03101 | 0,00067 | 0,571 | 0,571 | 242 | 25,2 | 193,361 | 7,095 | 3,67 | 230,7 | 2,05 |
| Zr-23 | 0,279 | 0,018 | 0,03186 | 0,00053 | 0,237 | 0,237 | 248 | 24,8 | 198,785 | 6,341 | 3,19 | 254 | 1,51 |
| Zr-10 | 0,263 | 0,018 | 0,03109 | 0,00047 | 0,28041 | 0,280 | 231 | 18,7 | 194,565 | 6,045 | 3,11 | 263 | 0,99 |
| Zr-1 | 0,263 | 0,024 | 0,03085 | 0,00061 | 0,41714 | 0,417 | 227 | 17,4 | 193,368 | 6,455 | 3,34 | 192 | 2,44 |
| Zr-9 | 0,2271 | 0,0076 | 0,02982 | 0,00046 | 0,40393 | 0,404 | 207,4 | 10,1 | 188,312 | 5,812 | 3,09 | 707 | 0,81 |
| Zr-47 | 0,2161 | 0,0099 | 0,02872 | 0,00037 | 0,25377 | 0,254 | 197,7 | 8,9 | 181,520 | 5,396 | 2,97 | 481 | 1,59 |
| Zr-37 | 0,2119 | 0,0062 | 0,02877 | 0,00028 | 0,30878 | 0,309 | 195 | 7,1 | 182,105 | 5,195 | 2,85 | 850 | 2,06 |
| Zr-25 | 0,201 | 0,011 | 0,02969 | 0,0005 | 0,11835 | 0,118 | 185,4 | -1,8 | 188,857 | 5,975 | 3,16 | 250 | 1,59 |
| Zr-27 | 0,206 | 0,014 | 0,02974 | 0,00051 | 0,13769 | 0,138 | 189 | 0,0 | 188,984 | 6,050 | 3,20 | 200,7 | 1,12 |
| Zr-42 | 0,198 | 0,014 | 0,02991 | 0,00053 | 0,14238 | 0,142 | 182 | -4,5 | 190,596 | 6,115 | 3,21 | 157,5 | 1,53 |
| Zr-32 | 0,222 | 0,014 | 0,03018 | 0,00055 | 0,17942 | 0,179 | 202 | 5,8 | 190,873 | 6,164 | 3,23 | 199,1 | 1,33 |
| Zr-11 | 0,206 | 0,018 | 0,03008 | 0,00059 | 0,23444 | 0,234 | 185 | -3,1 | 191,005 | 6,391 | 3,35 | 126,3 | 0,83 |
| Zr-28 | 0,215 | 0,015 | 0,03018 | 0,00054 | 0,086791 | 0,087 | 200 | 4,4 | 191,586 | 6,180 | 3,23 | 190 | 1,43 |
| Zr-22 | 0,212 | 0,01 | 0,03031 | 0,00045 | 0,14431 | 0,144 | 193,9 | 0,8 | 192,404 | 5,839 | 3,03 | 353 | 1,36 |
| Zr-14 | 0,241 | 0,018 | 0,03065 | 0,00053 | 0,18821 | 0,188 | 210 | 8,9 | 192,923 | 6,240 | 3,23 | 210 | 1,60 |
| Zr-33 | 0,205 | 0,015 | 0,03036 | 0,0006 | 0,059634 | 0,060 | 187 | -3,1 | 192,981 | 6,430 | 3,33 | 336 | 1,66 |
| Zr-16 | 0,214 | 0,014 | 0,03048 | 0,00056 | 0,043066 | 0,043 | 196 | 1,3 | 193,400 | 6,297 | 3,26 | 190 | 1,45 |
| Zr-3 | 0,2106 | 0,0098 | 0,03049 | 0,00037 | 0,064632 | 0,065 | 191,6 | -1,0 | 193,535 | 5,660 | 2,92 | 539 | 1,91 |
| Zr-29 | 0,2121 | 0,0099 | 0,03052 | 0,00041 | 0,098861 | 0,099 | 195,1 | 0,7 | 193,676 | 5,777 | 2,98 | 326 | 1,77 |
| Zr-44 | 0,219 | 0,013 | 0,03064 | 0,00057 | 0,065436 | 0,065 | 201 | 3,6 | 194,044 | 6,348 | 3,27 | 173 | 1,24 |
| Zr-30 | 0,229 | 0,024 | 0,03095 | 0,00079 | 0,1 | -0,001 | 202 | 3,3 | 195,549 | 7,108 | 3,63 | 95,1 | 1,41 |
| Zr-26 | 0,211 | 0,011 | 0,03081 | 0,00047 | 0,18079 | 0,181 | 193,2 | -1,2 | 195,643 | 6,033 | 3,08 | 387 | 1,61 |
| Zr-20 | 0,22 | 0,018 | 0,03098 | 0,00075 | 0,19287 | 0,193 | 200 | 1,9 | 196,297 | 7,054 | 3,59 | 143 | 1,46 |
| Zr-43 | 0,221 | 0,014 | 0,031 | 0,00051 | 0,21576 | 0,216 | 201 | 2,4 | 196,301 | 6,233 | 3,18 | 175 | 1,47 |
| Zr-17 | 0,211 | 0,013 | 0,03093 | 0,00048 | 0,099898 | 0,100 | 191 | -2,8 | 196,446 | 6,050 | 3,08 | 197,9 | 1,63 |
| Zr-40 | 0,215 | 0,017 | 0,03102 | 0,00062 | 0,19778 | 0,198 | 193 | -2,0 | 196,890 | 6,442 | 3,27 | 121 | 0,88 |
| Zr-4 | 0,216 | 0,011 | 0,03106 | 0,00047 | 0,1352 | 0,135 | 198,9 | 0,9 | 197,166 | 6,033 | 3,06 | 527 | 2,48 |
| Zr-31 | 0,239 | 0,023 | 0,03126 | 0,00068 | 0,052165 | 0,052 | 210 | 6,5 | 197,168 | 7,088 | 3,59 | 120 | 0,85 |
| Zr-39 | 0,219 | 0,017 | 0,03111 | 0,0008 | 0,14289 | 0,143 | 202 | 2,4 | 197,358 | 7,053 | 3,57 | 145 | 1,00 |
| Zr-18 | 0,219 | 0,014 | 0,03127 | 0,00052 | 0,1072 | 0,107 | 200 | 1,0 | 198,092 | 6,293 | 3,18 | 193 | 1,49 |
| Zr-21 | 0,236 | 0,015 | 0,0314 | 0,00057 | 0,05797 | 0,058 | 211 | 6,4 | 198,240 | 6,418 | 3,24 | 194 | 1,54 |
| Zr-8 | 0,2286 | 0,0094 | 0,03138 | 0,00046 | 0,27254 | 0,273 | 208,9 | 5,3 | 198,436 | 6,079 | 3,06 | 431 | 1,14 |
| Zr-34 | 0,207 | 0,016 | 0,03118 | 0,00052 | 0,20091 | 0,201 | 187 | -5,8 | 198,485 | 6,260 | 3,15 | 130,2 | 1,40 |
| Zr-15 | 0,226 | 0,014 | 0,03141 | 0,00059 | 0,1 | -0,043 | 205 | 3,2 | 198,698 | 6,425 | 3,23 | 147 | 1,41 |
| Zr-24 | 0,241 | 0,015 | 0,03187 | 0,00068 | 0,1 | -0,045 | 217 | 8,0 | 200,852 | 7,031 | 3,50 | 191 | 1,86 |
| Zr-41 | 0,219 | 0,016 | 0,0321 | 0,00064 | 0,16464 | 0,165 | 211 | 3,6 | 203,700 | 7,057 | 3,46 | 111 | 1,12 |
| Zr-13 | 0,218 | 0,013 | 0,03222 | 0,00056 | 0,14733 | 0,147 | 201 | -1,7 | 204,454 | 6,417 | 3,14 | 171,8 | 0,87 |
| Zr-12 | 0,2288 | 0,0073 | 0,03235 | 0,00036 | 0,11214 | 0,112 | 208,4 | 1,7 | 204,889 | 5,889 | 2,87 | 1080 | 1,84 |
| Zr-7 | 0,242 | 0,0099 | 0,03264 | 0,00038 | 0,35118 | 0,351 | 218,5 | 6,1 | 205,937 | 6,019 | 2,92 | 859 | 1,49 |
| Zr-35 | 0,238 | 0,016 | 0,03267 | 0,0007 | 0,00070785 | 0,001 | 215 | 4,0 | 206,792 | 7,039 | 3,40 | 318 | 1,23 |
| Zr-38 | 0,249 | 0,018 | 0,03302 | 0,00058 | 0,22552 | 0,226 | 219 | 5,1 | 208,362 | 6,435 | 3,09 | 174 | 1,25 |
| Zr-2 | 0,224 | 0,013 | 0,03327 | 0,00056 | 0,1 | -0,125 | 203 | -4,1 | 211,647 | 6,439 | 3,04 | 436 | 1,40 |
| Zr-5 | 1,717 | 0,058 | 0,1717 | 0,0046 | 0,87025 | 0,870 | 1011 | -1,0 | 1.021,673 | 38,044 | 3,72 | 1190 | 0,48 |

MIA-650B, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | U (ppm)1 | Th (ppm)1 | Th/U | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s abs | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ± 2s abs | ²⁰⁸ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s abs | Correlación de errores | ²⁰⁸ Pb/ ²³² Th | ± 2s abs | Disc. % | Error | ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | ± 2s | ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb | ± 2s | Mejor edad (Ma) | ± 2s |
|--------|-------------|--------------|------|--------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------|---------|-------|-------------------------------------|------|-------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-----------------------|------|
| Zr-025 | 72 | 74 | 1,03 | 0,0880 | 0,0260 | 0,3400 | 0,1900 | 0,0294 | 0,0026 | -0,12 | 0,011 | 0,0042 | 37,58 | 0,09 | 186,0 | 16,0 | 298,0 | 98,0 | 1340,0 | 250,0 | 186,0 | 16,0 |
| Zr-030 | 420 | 362 | 0,86 | 0,0589 | 0,0033 | 0,2260 | 0,0150 | 0,0279 | 0,0011 | 0,20 | 0,009 | 0,0005 | 13,98 | 0,04 | 177,2 | 7,4 | 206,0 | 13,0 | 520,0 | 120,0 | 177,2 | 7,4 |
| Zr-032 | 323 | 335 | 1,04 | 0,0579 | 0,0042 | 0,2270 | 0,0170 | 0,0288 | 0,0009 | 0,14 | 0,01 | 0,0006 | 11,16 | 0,03 | 183,9 | 5,8 | 207,0 | 14,0 | 470,0 | 160,0 | 183,9 | 5,8 |
| Zr-029 | 147 | 208 | 1,41 | 0,0554 | 0,0043 | 0,2070 | 0,0210 | 0,0271 | 0,0010 | 0,35 | 0,009 | 0,0006 | 11,13 | 0,03 | 172,4 | 6,0 | 194,0 | 17,0 | 500,0 | 140,0 | 172,4 | 6,0 |
| Zr-003 | 986 | 1.210 | 1,23 | 0,0570 | 0,0041 | 0,2240 | 0,0160 | 0,0293 | 0,0009 | 0,21 | 0,009 | 0,0005 | 10,43 | 0,03 | 186,3 | 5,7 | 208,0 | 13,0 | 480,0 | 140,0 | 186,3 | 5,7 |
| Zr-019 | 321 | 435 | 1,36 | 0,0540 | 0,0290 | 0,2100 | 0,1800 | 0,0295 | 0,0019 | 0,02 | 0,01 | 0,0034 | 6 | 0,06 | 188,0 | 12,0 | 200,0 | 110,0 | 290,0 | 400,0 | 188,0 | 12,0 |
| Zr-009 | 1.050 | 166 | 0,16 | 0,0536 | 0,0055 | 0,1940 | 0,0270 | 0,0263 | 0,0010 | 0,17 | 0,009 | 0,0005 | 8,187 | 0,04 | 167,1 | 6,4 | 182,0 | 22,0 | 360,0 | 210,0 | 167,1 | 6,4 |
| Zr-022 | 149 | 156 | 1,05 | 0,0563 | 0,0037 | 0,2050 | 0,0150 | 0,0271 | 0,0009 | 0,06 | 0,009 | 0,0005 | 8,191 | 0,03 | 172,6 | 5,7 | 188,0 | 13,0 | 440,0 | 140,0 | 172,6 | 5,7 |
| Zr-017 | 409 | 910 | 2,22 | 0,0516 | 0,0028 | 0,1910 | 0,0110 | 0,0274 | 0,0008 | 0,15 | 0,009 | 0,0004 | 1,69 | 0,03 | 174,5 | 5,1 | 177,5 | 9,2 | 300,0 | 120,0 | 174,5 | 5,1 |
| Zr-033 | 357 | 297 | 0,83 | 0,0515 | 0,0037 | 0,1970 | 0,0170 | 0,0279 | 0,0010 | 0,42 | 0,009 | 0,0006 | 2,418 | 0,03 | 177,6 | 6,0 | 182,0 | 14,0 | 240,0 | 130,0 | 177,6 | 6,0 |
| Zr-020 | 590 | 1.050 | 1,78 | 0,0509 | 0,0022 | 0,1934 | 0,0075 | 0,0279 | 0,0007 | 0,25 | 0,009 | 0,0004 | 0,948 | 0,03 | 177,7 | 4,7 | 179,4 | 6,4 | 240,0 | 96,0 | 177,7 | 4,7 |
| Zr-007 | 192 | 277 | 1,44 | 0,0515 | 0,0031 | 0,2010 | 0,0110 | 0,0287 | 0,0008 | 0,15 | 0,009 | 0,0004 | 1,938 | 0,03 | 182,2 | 5,0 | 185,8 | 9,6 | 250,0 | 130,0 | 182,2 | 5,0 |
| Zr-004 | 269 | 343 | 1,28 | 0,0498 | 0,0016 | 0,1974 | 0,0066 | 0,0288 | 0,0007 | 0,07 | 0,009 | 0,0004 | 0 | 0,03 | 182,8 | 4,7 | 182,8 | 5,6 | 179,0 | 73,0 | 182,8 | 4,7 |
| Zr-013 | 500 | 105 | 0,21 | 0,0518 | 0,0022 | 0,2050 | 0,0100 | 0,0289 | 0,0008 | 0,13 | 0,01 | 0,0004 | 2,909 | 0,03 | 183,6 | 5,2 | 189,1 | 8,5 | 257,0 | 95,0 | 183,6 | 5,2 |
| Zr-002 | 720 | 1.610 | 2,24 | 0,0494 | 0,0017 | 0,1958 | 0,0072 | 0,0289 | 0,0008 | 0,19 | 0,009 | 0,0004 | -1,16 | 0,03 | 183,6 | 4,8 | 181,5 | 6,1 | 161,0 | 78,0 | 183,6 | 4,8 |
| Zr-015 | 429 | 640 | 1,49 | 0,0526 | 0,0045 | 0,2050 | 0,0200 | 0,0289 | 0,0011 | 0,09 | 0,009 | 0,0005 | 2,181 | 0,04 | 183,9 | 6,6 | 188,0 | 16,0 | 250,0 | 170,0 | 183,9 | 6,6 |
| Zr-035 | 311 | 385 | 1,24 | 0,0506 | 0,0036 | 0,2000 | 0,0140 | 0,0290 | 0,0009 | 0,17 | 0,01 | 0,0005 | -0,16 | 0,03 | 184,3 | 5,6 | 184,0 | 12,0 | 180,0 | 150,0 | 184,3 | 5,6 |
| Zr-023 | 264 | 205 | 0,78 | 0,0510 | 0,0096 | 0,2040 | 0,0400 | 0,0291 | 0,0013 | 0,25 | 0,011 | 0,0012 | -0,49 | 0,04 | 184,9 | 8,1 | 184,0 | 32,0 | 120,0 | 330,0 | 184,9 | 8,1 |
| Zr-028 | 194 | 393 | 2,03 | 0,0503 | 0,0040 | 0,2040 | 0,0170 | 0,0291 | 0,0010 | 0,40 | 0,009 | 0,0005 | 1,016 | 0,03 | 185,1 | 6,1 | 187,0 | 14,0 | 270,0 | 150,0 | 185,1 | 6,1 |
| Zr-018 | 274 | 349 | 1,27 | 0,0483 | 0,0026 | 0,1970 | 0,0100 | 0,0291 | 0,0008 | 0,04 | 0,01 | 0,0004 | -0,43 | 0,03 | 185,1 | 5,2 | 184,3 | 9,2 | 130,0 | 110,0 | 185,1 | 5,2 |
| Zr-016 | 156 | 179 | 1,15 | 0,0484 | 0,0023 | 0,1934 | 0,0097 | 0,0292 | 0,0008 | 0,16 | 0,009 | 0,0004 | -2,66 | 0,03 | 185,4 | 5,2 | 180,6 | 8,3 | 120,0 | 100,0 | 185,4 | 5,2 |
| Zr-014 | 784 | 880 | 1,12 | 0,0487 | 0,0025 | 0,1950 | 0,0110 | 0,0293 | 0,0008 | 0,10 | 0,009 | 0,0004 | -2,99 | 0,03 | 186,1 | 5,3 | 180,7 | 9,1 | 120,0 | 110,0 | 186,1 | 5,3 |
| Zr-001 | | | | 0,0515 | 0,0020 | 0,2034 | 0,0084 | 0,0293 | 0,0008 | 0,14 | 0,009 | 0,0004 | 0,852 | 0,03 | 186,2 | 5,0 | 187,8 | 7,1 | 246,0 | 79,0 | 186,2 | 5,0 |
| Zr-006 | 122 | 36,2 | 0,30 | 0,0516 | 0,0034 | 0,2060 | 0,0140 | 0,0293 | 0,0009 | 0,01 | 0,009 | 0,0004 | 1,947 | 0,03 | 186,3 | 5,4 | 190,0 | 11,0 | 250,0 | 140,0 | 186,3 | 5,4 |
| Zr-011 | 279 | 15,1 | 0,05 | 0,0494 | 0,0035 | 0,2010 | 0,0140 | 0,0294 | 0,0009 | 0,06 | 0,01 | 0,0005 | -0,86 | 0,03 | 186,6 | 5,6 | 185,0 | 12,0 | 170,0 | 150,0 | 186,6 | 5,6 |
| Zr-027 | 115 | 47,3 | 0,41 | 0,0489 | 0,0040 | 0,1990 | 0,0150 | 0,0295 | 0,0009 | 0,24 | 0,009 | 0,0004 | -1,68 | 0,03 | 187,1 | 5,9 | 184,0 | 13,0 | 160,0 | 170,0 | 187,1 | 5,9 |
| Zr-024 | 76 | 63 | 0,83 | 0,0524 | 0,0057 | 0,2110 | 0,0250 | 0,0297 | 0,0012 | 0,09 | 0,011 | 0,0008 | 1,615 | 0,04 | 188,9 | 7,7 | 192,0 | 21,0 | 170,0 | 210,0 | 188,9 | 7,7 |
| Zr-031 | 368 | 325 | 0,88 | 0,0495 | 0,0026 | 0,2034 | 0,0099 | 0,0300 | 0,0009 | 0,08 | 0,01 | 0,0004 | -1,55 | 0,03 | 190,5 | 5,5 | 187,6 | 8,3 | 180,0 | 110,0 | 190,5 | 5,5 |
| Zr-021 | 734 | 1.320 | 1,80 | 0,0513 | 0,0050 | 0,2140 | 0,0200 | 0,0303 | 0,0011 | 0,04 | 0,01 | 0,0005 | 2,879 | 0,04 | 192,3 | 7,0 | 198,0 | 17,0 | 240,0 | 200,0 | 192,3 | 7,0 |
| Zr-034 | 506 | 415 | 0,82 | 0,0511 | 0,0036 | 0,2160 | 0,0150 | 0,0309 | 0,0009 | 0,14 | 0,011 | 0,0005 | 0,909 | 0,03 | 196,2 | 5,5 | 198,0 | 13,0 | 200,0 | 150,0 | 196,2 | 5,5 |
| Zr-008 | 299 | 467 | 1,56 | 0,0522 | 0,0019 | 0,2250 | 0,0170 | 0,0329 | 0,0019 | 0,21 | 0,014 | 0,0012 | -1,46 | 0,06 | 209,0 | 12,0 | 206,0 | 14,0 | 269,0 | 84,0 | 209,0 | 12,0 |
| Zr-010 | 245 | 392 | 1,60 | 0,0701 | 0,0026 | 1,4300 | 0,0550 | 0,1503 | 0,0040 | 0,06 | 0,049 | 0,0039 | 0,221 | 0,08 | 903,0 | 22,0 | 905,0 | 22,0 | 924,0 | 72,0 | 924,0 | 72,0 |
| Zr-026 | 221 | 244 | 1,10 | 0,0706 | 0,0029 | 1,5550 | 0,0660 | 0,1606 | 0,0046 | 0,08 | 0,046 | 0,0022 | -1,05 | 0,1 | 960,0 | 25,0 | 950,0 | 26,0 | 934,0 | 89,0 | 934,0 | 89,0 |
| Zr-012 | 261 | 305 | 1,17 | 0,0728 | 0,0019 | 1,4130 | 0,0480 | 0,1416 | 0,0044 | 0,22 | 0,024 | 0,0012 | 4,474 | 0,06 | 854,0 | 25,0 | 894,0 | 21,0 | 1.005,0 | 56,0 | 1.005,0 | 56,0 |
| Zr-005 | 1.390 | 1.850 | 1,33 | 0,0931 | 0,0028 | 2,9940 | 0,0990 | 0,2340 | 0,0061 | 0,50 | 0,073 | 0,0032 | 3,559 | 0,04 | 1.355,0 | 32,0 | 1.405,0 | 26,0 | 1.485,0 | 57,0 | 1.485,0 | 57,0 |

MIA-657A, análisis isotópicos U-Pb en circón

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disc | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | Aproximación ^{238}U (ppm) | Th/U |
|-------|---|---|---|---|---|--|--|--|--------|--|-----------------------------|-------------------------------------|-------|
| Zr-17 | 0,2191 | 0,0074 | 0,02773 | 0,00043 | 0,38632 | 0,386 | 174,638 | 200,8 | 15 | 174,638 | 4,700 | 886 | 2,28 |
| Zr-5 | 0,218 | 0,013 | 0,02854 | 0,00056 | 0,1 | -0,029 | 180,032 | 199 | 10,5 | 180,032 | 5,313 | 560 | 2,107 |
| Zr-38 | 0,1969 | 0,0042 | 0,02744 | 0,00026 | 0,26453 | 0,265 | 173,999 | 182,5 | 4,89 | 173,999 | 4,156 | 1.443 | 2,814 |
| Zr-11 | 0,206 | 0,01 | 0,02776 | 0,00057 | 0,38805 | 0,388 | 175,813 | 190,5 | 8,35 | 175,813 | 5,301 | 579 | 1,15 |
| Zr-30 | 0,1982 | 0,0068 | 0,02791 | 0,00028 | 0,24034 | 0,240 | 177,195 | 183,3 | 3,45 | 177,195 | 4,234 | 1.134 | 1,693 |
| Zr-29 | 0,2021 | 0,0044 | 0,02828 | 0,00039 | 0,36701 | 0,367 | 179,545 | 186,6 | 3,93 | 179,545 | 4,663 | 1.618 | 1,65 |
| Zr-16 | 0,2073 | 0,0069 | 0,02855 | 0,00038 | 0,28724 | 0,287 | 180,928 | 190,9 | 5,51 | 180,928 | 4,602 | 1.107 | 2,43 |
| Zr-41 | 0,2026 | 0,0077 | 0,02865 | 0,00035 | 0,25422 | 0,254 | 181,760 | 187,1 | 2,94 | 181,760 | 4,548 | 729 | 1,044 |
| Zr-20 | 0,2054 | 0,0045 | 0,02875 | 0,00031 | 0,35795 | 0,358 | 182,388 | 189,3 | 3,79 | 182,388 | 4,408 | 1.715 | 3,621 |
| Zr-40 | 0,2175 | 0,0053 | 0,02893 | 0,00028 | 0,35183 | 0,352 | 182,926 | 199,8 | 9,22 | 182,926 | 4,395 | 1.330 | 3,038 |
| Zr-26 | 0,2084 | 0,0056 | 0,02887 | 0,00042 | 0,48103 | 0,481 | 183,142 | 192,5 | 5,11 | 183,142 | 4,786 | 1.830 | 2,311 |
| Zr-12 | 0,2071 | 0,0077 | 0,02888 | 0,00036 | 0,19569 | 0,196 | 183,160 | 191,2 | 4,39 | 183,160 | 4,607 | 878 | 3,61 |
| Zr-42 | 0,2008 | 0,0039 | 0,02889 | 0,00037 | 0,56163 | 0,562 | 183,514 | 185,9 | 1,3 | 183,514 | 4,662 | 3.700 | 4,351 |
| Zr-25 | 0,2102 | 0,0074 | 0,02898 | 0,0004 | 0,18045 | 0,180 | 183,742 | 192,8 | 4,93 | 183,742 | 4,731 | 617 | 1,579 |
| Zr-32 | 0,2055 | 0,0045 | 0,02901 | 0,00031 | 0,51812 | 0,518 | 184,137 | 189,4 | 2,86 | 184,137 | 4,472 | 2.024 | 2,451 |
| Zr-39 | 0,2074 | 0,0064 | 0,02905 | 0,00035 | 0,21645 | 0,216 | 184,205 | 190,7 | 3,53 | 184,205 | 4,604 | 699 | 1,398 |
| Zr-24 | 0,2066 | 0,0046 | 0,02909 | 0,00035 | 0,44214 | 0,442 | 184,548 | 190,3 | 3,12 | 184,548 | 4,595 | 2.063 | 3,34 |
| Zr-23 | 0,2073 | 0,0091 | 0,02914 | 0,00041 | 0,048993 | 0,049 | 185,023 | 191,9 | 3,72 | 185,023 | 4,807 | 361 | 1,042 |
| Zr-35 | 0,2129 | 0,008 | 0,02923 | 0,00042 | 0,27071 | 0,271 | 185,174 | 195,5 | 5,58 | 185,174 | 4,854 | 554 | 0,782 |
| Zr-21 | 0,2043 | 0,0055 | 0,02917 | 0,00031 | 0,1737 | 0,174 | 185,212 | 189 | 2,05 | 185,212 | 4,479 | 1163 | 2,387 |
| Zr-27 | 0,2212 | 0,0065 | 0,02955 | 0,00064 | 0,30078 | 0,301 | 186,926 | 202,6 | 8,39 | 186,926 | 5,780 | 761 | 0,942 |
| Zr-33 | 0,2132 | 0,0041 | 0,0296 | 0,00027 | 0,41021 | 0,410 | 187,599 | 196,5 | 4,74 | 187,599 | 4,463 | 2.590 | 2,911 |
| Zr-14 | 0,2088 | 0,005 | 0,02968 | 0,0003 | 0,26359 | 0,264 | 188,349 | 193,2 | 2,58 | 188,349 | 4,536 | 1.890 | 3,704 |
| Zr-36 | 0,2073 | 0,0053 | 0,02971 | 0,0003 | 0,31284 | 0,313 | 188,702 | 191,2 | 1,32 | 188,702 | 4,540 | 1.108 | 1,147 |
| Zr-18 | 0,2129 | 0,0076 | 0,02981 | 0,00066 | 0,62333 | 0,623 | 189,049 | 195 | 3,15 | 189,049 | 5,854 | 1.264 | 2,619 |
| Zr-1 | 0,2095 | 0,006 | 0,02992 | 0,00041 | 0,51135 | 0,511 | 189,975 | 192,6 | 1,38 | 189,975 | 4,916 | 1.500 | 3,273 |
| Zr-43 | 0,2119 | 0,0086 | 0,03 | 0,00046 | 0,37041 | 0,370 | 190,218 | 194 | 1,99 | 190,218 | 5,111 | 497 | 1,095 |
| Zr-13 | 0,2196 | 0,0071 | 0,03006 | 0,0004 | 0,23161 | 0,232 | 190,335 | 201 | 5,6 | 190,335 | 4,847 | 986 | 1,593 |
| Zr-15 | 0,2137 | 0,0052 | 0,03012 | 0,00029 | 0,48635 | 0,486 | 191,114 | 196,3 | 2,71 | 191,114 | 4,532 | 2.350 | 4,179 |
| Zr-19 | 0,2132 | 0,0049 | 0,03023 | 0,00038 | 0,47831 | 0,478 | 191,758 | 196,5 | 2,47 | 191,758 | 4,844 | 2.019 | 3,388 |
| Zr-28 | 0,217 | 0,0059 | 0,03033 | 0,00036 | 0,25737 | 0,257 | 192,458 | 199,7 | 3,76 | 192,458 | 4,787 | 1.021 | 1,528 |
| Zr-22 | 0,219 | 0,01 | 0,03038 | 0,00048 | 0,040979 | 0,041 | 192,509 | 200,3 | 4,05 | 192,509 | 5,183 | 254 | 1,224 |
| Zr-6 | 0,217 | 0,011 | 0,0305 | 0,00047 | 0,24837 | 0,248 | 193,454 | 198,5 | 2,61 | 193,454 | 5,185 | 499 | 1,84 |
| Zr-31 | 0,2183 | 0,0058 | 0,03053 | 0,00035 | 0,43526 | 0,435 | 193,522 | 200 | 3,35 | 193,522 | 4,781 | 1.500 | 1,793 |
| Zr-2 | 0,2163 | 0,0075 | 0,03087 | 0,00037 | 0,28212 | 0,282 | 196,118 | 198,9 | 1,42 | 196,118 | 4,924 | 833 | 2,101 |
| Zr-4 | 0,2251 | 0,0075 | 0,03102 | 0,00036 | 0,24619 | 0,246 | 196,182 | 205,8 | 4,9 | 196,182 | 4,842 | 868 | 3,214 |
| Zr-34 | 0,212 | 0,011 | 0,03098 | 0,00042 | 0,045883 | 0,046 | 197,054 | 193,7 | -1,7 | 197,054 | 5,081 | 417 | 0,851 |
| Zr-7 | 0,2185 | 0,0046 | 0,03142 | 0,00041 | 0,60391 | 0,604 | 199,426 | 200,7 | 0,64 | 199,426 | 5,095 | 3.960 | 7,197 |
| Zr-3 | 0,2276 | 0,0046 | 0,03147 | 0,00032 | 0,33236 | 0,332 | 199,443 | 208,2 | 4,39 | 199,443 | 4,776 | 2.039 | 3,462 |
| Zr-9 | 0,2237 | 0,0054 | 0,03172 | 0,00037 | 0,38438 | 0,384 | 201,139 | 204,5 | 1,67 | 201,139 | 4,968 | 1.880 | 3,138 |
| Zr-37 | 0,2303 | 0,0098 | 0,03186 | 0,00053 | 0,25233 | 0,252 | 201,867 | 208,9 | 3,48 | 201,867 | 5,546 | 521 | 1,027 |
| Zr-8 | 0,229 | 0,01 | 0,03221 | 0,00058 | 0,19029 | 0,190 | 204,290 | 207,4 | 1,52 | 204,290 | 5,739 | 497 | 1,787 |
| Zr-10 | 0,232 | 0,0053 | 0,03253 | 0,00045 | 0,3267 | 0,327 | 205,940 | 211,4 | 2,65 | 205,940 | 5,273 | 2.180 | 1,541 |

LMC-082, análisis isotópicos U-Pb en circon

| Zr | Relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Error Interno relación final $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ a 2 D. E. | Relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | Error Interno relación final $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ vs. $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | Edad $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma) | % disc | Edad corregida $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | Aproximación ^{238}U (ppm) | Th/U |
|-------|---|---|---|---|---|--|--|--|--------|--|-----------------------------|-------------------------------------|--------|
| Zr-43 | 0,674 | 0,039 | 0,03321 | 0,00066 | 0,1 | -0,0066 | 185,0039 | 515 | 178 | 185,00 | 7,09 | 185,00 | 1,0808 |
| Zr-12 | 0,546 | 0,049 | 0,03565 | 0,00082 | 0,21888 | 0,2189 | 209,433 | 427 | 104 | 209,43 | 8,27 | 209,43 | 0,7021 |
| Zr-41 | 0,424 | 0,037 | 0,03117 | 0,00086 | 0,30896 | 0,3090 | 185,977 | 355 | 90,9 | 185,98 | 7,68 | 185,98 | 0,7443 |
| Zr-28 | 0,367 | 0,023 | 0,03057 | 0,00065 | 0,21666 | 0,2167 | 185,054 | 318 | 71,8 | 185,05 | 6,91 | 185,05 | 0,8747 |
| Zr-32 | 0,333 | 0,028 | 0,02975 | 0,00068 | 0,15076 | 0,1508 | 181,985 | 287 | 57,7 | 181,99 | 6,97 | 181,99 | 0,8544 |
| Zr-23 | 0,383 | 0,038 | 0,03287 | 0,00095 | 0,47843 | 0,4784 | 199,856 | 312 | 56,1 | 199,86 | 8,20 | 199,86 | 0,9389 |
| Zr-18 | 0,336 | 0,025 | 0,03191 | 0,00067 | 0,21016 | 0,2102 | 195,554 | 289 | 47,8 | 195,55 | 6,99 | 195,55 | 1,0583 |
| Zr-35 | 0,311 | 0,02 | 0,03031 | 0,00056 | 0,63477 | 0,6348 | 187,507 | 268 | 42,9 | 187,51 | 6,32 | 187,51 | 0,7379 |
| Zr-27 | 0,302 | 0,02 | 0,03071 | 0,00044 | 0,58033 | 0,5803 | 190,540 | 265 | 39,1 | 190,54 | 6,09 | 190,54 | 1,6562 |
| Zr-10 | 0,276 | 0,016 | 0,02935 | 0,00046 | 0,36158 | 0,3616 | 181,945 | 247 | 35,8 | 181,95 | 5,90 | 181,95 | 1,1034 |
| Zr-34 | 0,3 | 0,027 | 0,03033 | 0,00065 | 0,65762 | 0,6576 | 188,753 | 251 | 33 | 188,75 | 6,98 | 188,75 | 0,4404 |
| Zr-31 | 0,27 | 0,013 | 0,02939 | 0,00041 | 0,51174 | 0,5117 | 183,234 | 240 | 31 | 183,23 | 5,82 | 183,23 | 1,2509 |
| Zr-20 | 0,26 | 0,014 | 0,02955 | 0,00043 | 0,2633 | 0,2633 | 184,945 | 233 | 26 | 184,95 | 5,97 | 184,95 | 1,0331 |
| Zr-22 | 0,266 | 0,015 | 0,03002 | 0,00049 | 0,079926 | 0,0799 | 187,694 | 236 | 25,7 | 187,69 | 6,17 | 187,69 | 0,8988 |
| Zr-6 | 0,265 | 0,015 | 0,0303 | 0,00048 | 0,39549 | 0,3955 | 189,404 | 234 | 23,5 | 189,40 | 6,15 | 189,40 | 1,1355 |
| Zr-36 | 0,249 | 0,017 | 0,02888 | 0,00039 | 0,030231 | 0,0302 | 180,675 | 221 | 22,3 | 180,68 | 5,76 | 180,68 | 2,5034 |
| Zr-3 | 0,277 | 0,028 | 0,03161 | 0,00079 | 0,40385 | 0,4039 | 197,290 | 241 | 22,2 | 197,29 | 7,66 | 197,29 | 0,7419 |
| Zr-19 | 0,262 | 0,018 | 0,0308 | 0,00054 | 0,36073 | 0,3607 | 192,888 | 233 | 20,8 | 192,89 | 6,37 | 192,89 | 1,125 |
| Zr-40 | 0,242 | 0,012 | 0,02952 | 0,00038 | 0,0039886 | 0,0040 | 185,690 | 219,1 | 18 | 185,69 | 5,79 | 185,69 | 2,7685 |
| Zr-5 | 0,203 | 0,013 | 0,029 | 0,0004 | 0,12073 | 0,1207 | 184,326 | 186 | 0,91 | 184,33 | 5,78 | 184,33 | 1,0037 |
| Zr-17 | 0,209 | 0,012 | 0,02918 | 0,0004 | 0,29196 | 0,2920 | 184,860 | 191,5 | 3,59 | 184,86 | 5,82 | 184,86 | 1,2076 |
| Zr-2 | 0,2096 | 0,0087 | 0,02923 | 0,00038 | 0,21029 | 0,2103 | 185,290 | 192 | 3,62 | 185,29 | 5,80 | 185,29 | 1,082 |
| Zr-42 | 0,2189 | 0,0073 | 0,02936 | 0,00034 | 0,35181 | 0,3518 | 185,596 | 201,2 | 8,41 | 185,60 | 5,60 | 185,60 | 2,3317 |
| Zr-29 | 0,2031 | 0,008 | 0,02939 | 0,00033 | 0,23491 | 0,2349 | 186,619 | 188 | 0,74 | 186,62 | 5,62 | 186,62 | 1,1269 |
| Zr-26 | 0,217 | 0,011 | 0,02954 | 0,00037 | 0,16963 | 0,1696 | 187,096 | 198,3 | 5,99 | 187,10 | 5,75 | 187,10 | 1,9619 |
| Zr-38 | 0,241 | 0,01 | 0,02976 | 0,00031 | 0,2095 | 0,2095 | 187,116 | 218,8 | 16,9 | 187,12 | 5,66 | 187,12 | 1,8869 |
| Zr-11 | 0,211 | 0,012 | 0,02954 | 0,00039 | 0,20456 | 0,2046 | 187,166 | 193,6 | 3,44 | 187,17 | 5,75 | 187,17 | 1,1638 |
| Zr-33 | 0,2164 | 0,0097 | 0,02962 | 0,00035 | 0,46938 | 0,4694 | 187,551 | 196,4 | 4,72 | 187,55 | 5,74 | 187,55 | 0,9815 |
| Zr-45 | 0,2079 | 0,0087 | 0,0296 | 0,00042 | 0,25504 | 0,2550 | 187,846 | 191 | 1,68 | 187,85 | 5,93 | 187,85 | 1,4061 |
| Zr-1 | 0,2076 | 0,0097 | 0,0296 | 0,00041 | 0,14149 | 0,1415 | 187,940 | 192 | 2,16 | 187,94 | 5,93 | 187,94 | 1,1462 |
| Zr-14 | 0,2082 | 0,0087 | 0,02977 | 0,00038 | 0,35821 | 0,3582 | 188,915 | 190,7 | 0,95 | 188,91 | 5,80 | 188,91 | 1,5034 |
| Zr-15 | 0,2033 | 0,0052 | 0,02985 | 0,00028 | 0,25583 | 0,2558 | 189,582 | 187,4 | -1,15 | 189,58 | 5,61 | 189,58 | 2,9855 |
| Zr-13 | 0,231 | 0,01 | 0,03015 | 0,00039 | 0,23162 | 0,2316 | 190,044 | 210,8 | 10,9 | 190,04 | 5,86 | 190,04 | 2,7383 |
| Zr-30 | 0,2104 | 0,0088 | 0,03007 | 0,0004 | 0,19462 | 0,1946 | 190,919 | 193,1 | 1,14 | 190,92 | 5,87 | 190,92 | 1,2165 |
| Zr-7 | 0,2109 | 0,0088 | 0,03014 | 0,0004 | 0,27636 | 0,2764 | 191,002 | 193,7 | 1,41 | 191,00 | 5,93 | 191,00 | 1,5953 |
| Zr-8 | 0,24 | 0,011 | 0,03057 | 0,00044 | 0,49125 | 0,4913 | 192,208 | 218 | 13,4 | 192,21 | 6,04 | 192,21 | 0,893 |
| Zr-24 | 0,249 | 0,011 | 0,03066 | 0,00038 | 0,21315 | 0,2132 | 192,624 | 225,2 | 16,9 | 192,62 | 5,91 | 192,62 | 2,2219 |
| Zr-21 | 0,2147 | 0,006 | 0,03042 | 0,00034 | 0,38937 | 0,3894 | 192,975 | 197,3 | 2,24 | 192,98 | 5,85 | 192,98 | 1,5447 |
| Zr-16 | 0,227 | 0,013 | 0,03066 | 0,00051 | 0,19048 | 0,1905 | 193,541 | 207 | 6,95 | 193,54 | 6,37 | 193,54 | 0,8018 |
| Zr-9 | 0,2053 | 0,0095 | 0,03048 | 0,0004 | 0,050545 | 0,0505 | 193,568 | 190,7 | -1,48 | 193,57 | 6,00 | 193,57 | 1,5695 |
| Zr-44 | 0,2232 | 0,0077 | 0,03059 | 0,00037 | 0,36643 | 0,3664 | 193,730 | 204,1 | 5,35 | 193,73 | 5,92 | 193,73 | 1,4549 |
| Zr-25 | 0,2232 | 0,0068 | 0,03063 | 0,00041 | 0,43445 | 0,4345 | 193,860 | 203,8 | 5,13 | 193,86 | 5,97 | 193,86 | 2,4045 |
| Zr-4 | 0,208 | 0,014 | 0,03085 | 0,0005 | 0,16829 | 0,1683 | 196,186 | 191 | -2,64 | 196,19 | 6,40 | 196,19 | 0,7296 |
| Zr-37 | 0,2362 | 0,0093 | 0,03112 | 0,00035 | 0,17461 | 0,1746 | 196,416 | 214,6 | 9,26 | 196,42 | 5,98 | 196,42 | 2,0973 |
| Zr-39 | 0,245 | 0,011 | 0,03177 | 0,00043 | 0,52319 | 0,5232 | 200,503 | 221,6 | 10,5 | 200,50 | 6,29 | 200,50 | 2,2989 |

LMC-084, análisis isotópicos U-Pb en circon

| Zr | Relación final ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | Error interno relación final ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U a 2 D. E. | Relación final ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U | Error Interno relación final ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U a 2 D. E. | Ajuste error de correlación (datos negativos) | Error de correlación ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U vs. ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U | Edad corregida ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (Ma) | Edad ²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U (Ma) | % disc. | Edad corregida ²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U (Ma) | ± Error edad corregida (Ma) | Aproximación ²³⁸ U (ppm) | Th/U |
|-------|--|--|--|--|---|--|---|---|---------|---|-----------------------------|-------------------------------------|-------|
| Zr-20 | 0,3220 | 0,0120 | 0,03322 | 0,00034 | 0,5306 | 0,53058 | 205,72 | 282,60 | 37,37 | 205,72 | 6,23 | 0,69 | 1,441 |
| Zr-21 | 0,3620 | 0,0340 | 0,03690 | 0,00081 | 0,4867 | 0,48672 | 227,54 | 310,00 | 36,24 | 227,54 | 8,24 | 0,45 | 2,226 |
| Zr-40 | 0,2937 | 0,0099 | 0,03133 | 0,00032 | 0,3901 | 0,39011 | 194,10 | 260,70 | 34,31 | 194,10 | 5,86 | 1,63 | 0,615 |
| Zr-35 | 0,2660 | 0,0150 | 0,02959 | 0,00053 | 0,1485 | 0,14848 | 183,84 | 240,00 | 30,55 | 183,84 | 6,20 | 0,68 | 1,477 |
| Zr-50 | 0,2880 | 0,0150 | 0,03214 | 0,00041 | 0,2157 | 0,21571 | 199,76 | 258,00 | 29,16 | 199,76 | 6,27 | 0,43 | 2,341 |
| Zr-25 | 0,2540 | 0,0120 | 0,03074 | 0,00045 | 0,4367 | 0,43673 | 192,47 | 228,20 | 18,57 | 192,47 | 6,15 | 0,47 | 2,137 |
| Zr-11 | 0,2552 | 0,0053 | 0,03102 | 0,00019 | 0,3950 | 0,39500 | 194,69 | 230,70 | 18,49 | 194,69 | 5,64 | 0,87 | 1,148 |
| Zr-5 | 0,2560 | 0,0110 | 0,03122 | 0,00035 | 0,5190 | 0,51903 | 195,94 | 229,80 | 17,28 | 195,94 | 5,97 | 0,69 | 1,454 |
| Zr-27 | 0,2660 | 0,0150 | 0,03269 | 0,00044 | 0,2429 | 0,24287 | 205,20 | 237,00 | 15,50 | 205,20 | 6,37 | 0,74 | 1,354 |
| Zr-31 | 0,2560 | 0,0110 | 0,03213 | 0,00034 | 0,6044 | 0,60442 | 201,79 | 229,80 | 13,88 | 201,79 | 6,10 | 0,75 | 1,325 |
| Zr-45 | 0,2088 | 0,0037 | 0,03010 | 0,00022 | 0,2098 | 0,20979 | 190,98 | 192,60 | 0,85 | 190,98 | 5,54 | 1,01 | 0,991 |
| Zr-48 | 0,2143 | 0,0052 | 0,03017 | 0,00030 | 0,4558 | 0,45578 | 191,21 | 196,90 | 2,97 | 191,21 | 5,72 | 0,89 | 1,123 |
| Zr-47 | 0,2190 | 0,0120 | 0,03035 | 0,00041 | 0,2675 | 0,26751 | 192,08 | 199,60 | 3,91 | 192,08 | 6,00 | 0,71 | 1,411 |
| Zr-44 | 0,2130 | 0,0110 | 0,03056 | 0,00034 | 0,0879 | 0,08792 | 193,83 | 194,60 | 0,40 | 193,83 | 5,88 | 0,65 | 1,546 |
| Zr-15 | 0,2292 | 0,0043 | 0,03072 | 0,00020 | 0,2277 | 0,22769 | 194,28 | 209,80 | 7,99 | 194,28 | 5,60 | 1,05 | 0,957 |
| Zr-39 | 0,2125 | 0,0094 | 0,03061 | 0,00034 | 0,0357 | 0,03566 | 194,34 | 195,40 | 0,55 | 194,34 | 5,88 | 0,56 | 1,797 |
| Zr-37 | 0,2191 | 0,0062 | 0,03093 | 0,00044 | 0,6191 | 0,61909 | 195,76 | 201,40 | 2,88 | 195,76 | 6,16 | 0,90 | 1,113 |
| Zr-42 | 0,2250 | 0,0110 | 0,03102 | 0,00038 | 0,1717 | 0,17168 | 195,77 | 208,60 | 6,56 | 195,77 | 6,06 | 0,60 | 1,676 |
| Zr-13 | 0,2178 | 0,0032 | 0,03092 | 0,00023 | 0,2810 | 0,28104 | 196,18 | 199,90 | 1,89 | 196,18 | 5,67 | 1,07 | 0,937 |
| Zr-8 | 0,2153 | 0,0060 | 0,03095 | 0,00028 | 0,1770 | 0,17698 | 196,57 | 197,80 | 0,62 | 196,57 | 5,80 | 0,26 | 3,774 |
| Zr-18 | 0,2239 | 0,0049 | 0,03118 | 0,00038 | 0,5498 | 0,54976 | 197,41 | 205,40 | 4,04 | 197,41 | 6,03 | 0,43 | 2,311 |
| Zr-43 | 0,2110 | 0,0032 | 0,03112 | 0,00025 | 0,3964 | 0,39639 | 197,55 | 194,40 | -1,60 | 197,55 | 5,73 | 0,82 | 1,212 |
| Zr-14 | 0,2282 | 0,0064 | 0,03130 | 0,00047 | 0,2874 | 0,28744 | 198,06 | 208,90 | 5,47 | 198,06 | 6,28 | 0,36 | 2,789 |
| Zr-49 | 0,2124 | 0,0081 | 0,03132 | 0,00040 | 0,3121 | 0,31208 | 198,73 | 196,50 | -1,12 | 198,73 | 6,11 | 1,10 | 0,909 |
| Zr-46 | 0,2250 | 0,0120 | 0,03149 | 0,00054 | 0,1918 | 0,19181 | 199,08 | 206,00 | 3,48 | 199,08 | 6,37 | 0,59 | 1,691 |
| Zr-7 | 0,2330 | 0,0110 | 0,03150 | 0,00037 | 0,1659 | 0,16585 | 199,11 | 212,50 | 6,72 | 199,11 | 6,05 | 0,68 | 1,466 |
| Zr-30 | 0,2220 | 0,0053 | 0,03146 | 0,00025 | 0,4585 | 0,45845 | 199,31 | 203,10 | 1,90 | 199,31 | 5,79 | 1,13 | 0,888 |
| Zr-28 | 0,2178 | 0,0032 | 0,03146 | 0,00021 | 0,3836 | 0,38357 | 199,48 | 199,90 | 0,21 | 199,48 | 5,73 | 0,72 | 1,384 |
| Zr-34 | 0,2300 | 0,0096 | 0,03163 | 0,00036 | 0,4972 | 0,49716 | 200,08 | 208,70 | 4,31 | 200,08 | 6,05 | 0,36 | 2,792 |
| Zr-38 | 0,2340 | 0,0100 | 0,03173 | 0,00035 | 0,2335 | 0,23352 | 200,20 | 214,60 | 7,19 | 200,20 | 6,05 | 0,40 | 2,47 |
| Zr-1 | 0,2470 | 0,0140 | 0,03183 | 0,00037 | 0,4138 | 0,41380 | 200,38 | 222,00 | 10,79 | 200,38 | 6,12 | 0,60 | 1,667 |
| Zr-22 | 0,2328 | 0,0050 | 0,03178 | 0,00024 | 0,2854 | 0,28536 | 200,87 | 212,40 | 5,74 | 200,87 | 5,84 | 0,30 | 3,35 |
| Zr-17 | 0,2219 | 0,0034 | 0,03170 | 0,00020 | 0,3020 | 0,30202 | 201,12 | 203,80 | 1,33 | 201,12 | 5,79 | 0,93 | 1,075 |
| Zr-10 | 0,2389 | 0,0037 | 0,03195 | 0,00019 | 0,3510 | 0,35099 | 201,92 | 217,50 | 7,72 | 201,92 | 5,78 | 0,94 | 1,065 |
| Zr-12 | 0,2502 | 0,0058 | 0,03209 | 0,00031 | 0,1794 | 0,17935 | 202,15 | 227,00 | 12,29 | 202,15 | 6,02 | 0,90 | 1,108 |
| Zr-29 | 0,2150 | 0,0160 | 0,03183 | 0,00047 | 0,0324 | 0,03239 | 202,23 | 196,00 | -3,08 | 202,23 | 6,42 | 0,76 | 1,317 |
| Zr-6 | 0,2525 | 0,0038 | 0,03250 | 0,00026 | 0,4482 | 0,44817 | 204,67 | 228,40 | 11,59 | 204,67 | 5,96 | 0,59 | 1,702 |
| Zr-19 | 0,2146 | 0,0079 | 0,03221 | 0,00032 | 0,0511 | 0,05107 | 204,72 | 196,90 | -3,82 | 204,72 | 6,06 | 0,56 | 1,779 |
| Zr-4 | 0,2303 | 0,0050 | 0,03246 | 0,00029 | 0,4283 | 0,42825 | 205,68 | 210,10 | 2,15 | 205,68 | 6,04 | 0,86 | 1,161 |
| Zr-9 | 0,2504 | 0,0069 | 0,03272 | 0,00032 | 0,3044 | 0,30436 | 206,39 | 226,60 | 9,79 | 206,39 | 6,15 | 0,27 | 3,772 |
| Zr-26 | 0,2700 | 0,0150 | 0,03315 | 0,00045 | 0,5556 | 0,55559 | 208,21 | 237,00 | 13,83 | 208,21 | 6,35 | 0,29 | 3,444 |
| Zr-41 | 0,2393 | 0,0062 | 0,03297 | 0,00026 | 0,1486 | 0,14864 | 208,36 | 216,70 | 4,00 | 208,36 | 6,10 | 0,94 | 1,061 |
| Zr-33 | 0,2600 | 0,0100 | 0,03330 | 0,00040 | 0,3837 | 0,38370 | 209,40 | 232,20 | 10,89 | 209,40 | 6,34 | 1,00 | 0,999 |
| Zr-16 | 0,2281 | 0,0038 | 0,03306 | 0,00037 | 0,5584 | 0,55839 | 209,67 | 208,60 | -0,51 | 209,67 | 6,29 | 0,85 | 1,181 |
| Zr-23 | 0,2380 | 0,0120 | 0,03324 | 0,00042 | 0,1756 | 0,17561 | 210,31 | 215,90 | 2,66 | 210,31 | 6,37 | 0,64 | 1,552 |
| Zr-2 | 0,2350 | 0,0100 | 0,03325 | 0,00045 | 0,2807 | 0,28070 | 210,61 | 214,60 | 1,90 | 210,61 | 6,37 | 0,74 | 1,343 |
| Zr-24 | 0,2350 | 0,0067 | 0,03337 | 0,00036 | 0,3554 | 0,35540 | 211,28 | 214,50 | 1,52 | 211,28 | 6,35 | 0,81 | 1,233 |
| Zr-3 | 0,2463 | 0,0042 | 0,03346 | 0,00022 | 0,1712 | 0,17121 | 211,43 | 223,60 | 5,75 | 211,43 | 6,09 | 0,91 | 1,099 |
| Zr-32 | 0,2436 | 0,0061 | 0,03620 | 0,00069 | 0,6118 | 0,61181 | 229,39 | 221,20 | -3,57 | 229,39 | 7,59 | 0,58 | 1,721 |
| Zr-36 | 0,2615 | 0,0067 | 0,03672 | 0,00042 | 0,1485 | 0,14854 | 231,90 | 236,00 | 1,77 | 231,90 | 6,97 | 0,71 | 1,403 |

Anexo 3. Análisis isotópicos de elementos traza en circón

GZ-6743, análisis isotópicos de elementos traza en circón

| (ppm) | P | Ti | Y | Nb | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Yb | Lu | Hf | Pb | Th | U |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Zr-012 | 1.080 | 16,4 | 6.080 | 8,66 | 0,5 | 159 | 1,25 | 18,2 | 30,4 | 10,35 | 160 | 52 | 577 | 211 | 893 | 1.530 | 308 | 8.280 | 7,825 | 625 | 267 |
| Zr-017 | 560 | 39,2 | 1.910 | 13,63 | 0,62 | 39 | 0,479 | 5,85 | 7,85 | 2,99 | 41,2 | 13,2 | 160 | 63,9 | 297 | 617 | 134,4 | 9.800 | 4,773 | 177 | 156,9 |
| Zr-028 | 520 | 36,1 | 1.820 | 15,4 | 0,299 | 80,6 | 0,257 | 3,69 | 5,9 | 1,84 | 34,1 | 11,9 | 149 | 60,7 | 277 | 558 | 117,2 | 10.910 | 8,375 | 327 | 243 |
| Zr-010 | 810 | 9,17 | 3.110 | 13,76 | 1,19 | 118,4 | 0,81 | 8,1 | 10,6 | 2,81 | 62,6 | 21,3 | 260 | 100,5 | 466 | 941 | 194,8 | 10.630 | 16,3 | 708 | 491 |
| Zr-011 | 390 | 9,3 | 1.005 | 1,19 | 0 | 22,57 | 0,088 | 1,29 | 2,24 | 2,07 | 13,15 | 4,95 | 65,5 | 29,19 | 157,7 | 421 | 105 | 5.712 | 3,988 | 122,7 | 123,5 |
| Zr-013 | 417 | 6,53 | 1.811 | 14,89 | 0,026 | 58,2 | 0,022 | 0,75 | 2,96 | 0,738 | 21,7 | 9,55 | 131,7 | 58,51 | 295,8 | 675 | 148,7 | 11.800 | 11,13 | 259 | 349,4 |
| Zr-014 | 2.770 | 26,2 | 2.719 | 16,01 | 13,5 | 155 | 4,7 | 25 | 11,1 | 2,95 | 50,7 | 17,69 | 218,3 | 88,2 | 419,2 | 902 | 196,9 | 9.980 | 18,25 | 780 | 554 |
| Zr-015 | 480 | 14,7 | 1.930 | 2,29 | 0,074 | 36,4 | 0,73 | 10,9 | 15 | 5,77 | 57,7 | 17,6 | 188 | 66 | 290 | 538 | 112 | 8.230 | 2,095 | 104 | 62,8 |
| Zr-016 | 1.870 | 12,76 | 3.190 | 12,3 | 5,4 | 123,8 | 1,9 | 10,2 | 10,7 | 3,94 | 56,8 | 20,85 | 259 | 104,2 | 503 | 1.034 | 222,3 | 9.860 | 11,38 | 552 | 358 |
| Zr-018 | 440 | 7,86 | 1.680 | 7,02 | 0,08 | 58,3 | 0,118 | 2,07 | 5,2 | 1,36 | 30,7 | 11,3 | 138 | 54,8 | 258 | 530 | 108 | 11.580 | 6,8 | 261 | 202 |
| Zr-019 | 230 | 8,03 | 1.170 | 5,32 | 0,095 | 46,6 | 0,52 | 5,28 | 6,46 | 2,18 | 23,5 | 7,88 | 90,8 | 36,5 | 176 | 408 | 91,6 | 9.220 | 5,375 | 184 | 155 |
| Zr-020 | 830 | 8,72 | 3.090 | 11,67 | 0,154 | 108,9 | 0,329 | 5,48 | 10,6 | 2,99 | 59,1 | 20,9 | 255 | 100 | 459 | 933 | 194 | 9.640 | 15,48 | 856 | 499 |
| Zr-021 | 1.000 | 10,7 | 4.750 | 9,97 | 0,04 | 149 | 0,47 | 9,2 | 16,5 | 5,9 | 86,6 | 31,1 | 382 | 149 | 710 | 1.500 | 308 | 8.860 | 19,78 | 1.000 | 582 |
| Zr-022 | 526 | 10,66 | 1.641 | 4,25 | 0,004 | 31,77 | 0,096 | 1,84 | 4,75 | 1,73 | 28,1 | 9,87 | 122,5 | 51,7 | 255,4 | 583 | 130,3 | 9.570 | 4,633 | 140,1 | 138,1 |
| Zr-023 | 470 | 11,11 | 1.257 | 3,04 | 0,009 | 39,74 | 0,076 | 2,35 | 4,12 | 1,55 | 23,4 | 8,37 | 104,2 | 41,34 | 200,8 | 407,6 | 86,5 | 8.955 | 4,145 | 169,6 | 124,4 |
| Zr-024 | 290 | 8,1 | 1.063 | 5,33 | 0,38 | 31,9 | 0,163 | 1,64 | 2,42 | 0,86 | 15,5 | 5,91 | 81 | 34,5 | 170,5 | 401 | 88,4 | 10.970 | 5,175 | 147 | 154,7 |
| Zr-025 | 560 | 10,27 | 2.269 | 10,34 | 0,153 | 68,4 | 0,18 | 2,68 | 6,1 | 2,04 | 38 | 14,03 | 177,2 | 73,5 | 356,6 | 784 | 172 | 10.040 | 12,43 | 485 | 380,1 |
| Zr-026 | 2.740 | 18,3 | 3.570 | 18,2 | 12,2 | 270 | 3,7 | 22,8 | 15,8 | 4,36 | 66,9 | 21,9 | 266 | 105 | 490 | 1.040 | 221 | 10.070 | 6,225 | 355 | 183,5 |
| Zr-027 | 390 | 11,57 | 1.950 | 4,15 | 0,048 | 45,4 | 0,405 | 7,1 | 10,6 | 3,72 | 49 | 15,7 | 179 | 65,8 | 295 | 582 | 123,3 | 9.050 | 4,225 | 176 | 130,6 |
| Zr-029 | 780 | 11,9 | 4.080 | 17,55 | 2,37 | 103,9 | 0,9 | 7,56 | 13,9 | 3,79 | 77 | 29,19 | 355 | 140,2 | 653 | 1.283 | 260 | 11.200 | 12,55 | 498 | 437 |
| Zr-030 | 210 | 7,87 | 670 | 2,38 | 0,02 | 28,7 | 0,159 | 2,25 | 3,24 | 1,13 | 16,1 | 4,6 | 58 | 21,8 | 104 | 219 | 48,2 | 10.370 | 3 | 122 | 77 |
| Zr-031 | 710 | 11,13 | 4.170 | 5,68 | 0,205 | 79,3 | 0,73 | 12 | 20,6 | 7,33 | 97,6 | 31,6 | 363,9 | 138,9 | 630 | 1.277 | 266,2 | 8.530 | 8,043 | 420 | 268,9 |
| Zr-032 | 1.820 | 9,87 | 7.360 | 39,4 | 0,062 | 262 | 0,511 | 10,6 | 26,9 | 6,91 | 151,1 | 54 | 648 | 246,6 | 1073 | 1.910 | 361 | 9.140 | 13,68 | 865 | 444 |
| Zr-033 | 6.500 | 10,1 | 2.366 | 16,37 | 8800 | 14300 | 1340 | 4500 | 470 | 30,3 | 303 | 32,8 | 229 | 77,4 | 361,6 | 795 | 173,7 | 11.500 | 11,4 | 1.240 | 350,5 |
| Zr-034 | 399 | 7,52 | 1.358 | 9,96 | 0,267 | 42,8 | 0,078 | 0,84 | 2,26 | 0,618 | 17,6 | 7,13 | 99,3 | 43,1 | 217,3 | 510 | 110,8 | 11.560 | 9,325 | 206,2 | 282,5 |
| Zr-035 | 671 | 12,53 | 2.505 | 7,3 | 0,013 | 69,6 | 0,167 | 3,47 | 6,09 | 2,51 | 41,1 | 15,39 | 197,7 | 81,4 | 387,6 | 806 | 174,3 | 8.110 | 6,55 | 257,1 | 195,5 |
| Zr-036 | 140 | 6,76 | 621 | 2,03 | 0 | 21,83 | 0,033 | 0,9 | 1,28 | 0,61 | 8,42 | 3,28 | 43,1 | 18,75 | 100 | 260 | 62,4 | 11.140 | 3,485 | 71,1 | 104,3 |
| Zr-037 | 510 | 10,2 | 2.060 | 5,27 | 0,138 | 55,1 | 0,229 | 3,87 | 7,04 | 2,62 | 34,5 | 12,28 | 151,9 | 61,5 | 312 | 729 | 165,2 | 9.920 | 10,3 | 466 | 305 |
| Zr-038 | 571 | 9,12 | 2.106 | 14,99 | 0,018 | 86,7 | 0,117 | 1,87 | 5,26 | 1,47 | 33,3 | 13,18 | 168,9 | 68,2 | 326 | 671 | 143,8 | 10.950 | 20,05 | 956 | 630 |
| Zr-039 | 570 | 8,7 | 2.350 | 6,16 | 0,01 | 66,3 | 0,189 | 4,7 | 7,7 | 2,8 | 42,4 | 15,1 | 186 | 74,6 | 362 | 818 | 179,6 | 9.820 | 8,775 | 437 | 302 |
| Zr-040 | 400 | 7,08 | 454 | 3,74 | 0,025 | 16,49 | 0,019 | 0,2 | 0,71 | 0,152 | 4,46 | 2,08 | 31,1 | 14,44 | 75,3 | 192,5 | 43,9 | 11.330 | 3,725 | 64,8 | 105,2 |
| Zr-041 | 3.110 | 19,1 | 1.933 | 6,29 | 29,1 | 115 | 9,6 | 43 | 13,1 | 2,25 | 38 | 13,09 | 157,1 | 63,9 | 303,1 | 641,7 | 138,2 | 10.670 | 5,088 | 142,6 | 158,6 |
| Zr-042 | 200 | 8,52 | 1.953 | 2,01 | 0,028 | 38,7 | 0,321 | 4,6 | 8,25 | 3,76 | 43,3 | 13,68 | 168,6 | 64,9 | 298 | 623 | 136,7 | 9.790 | 7,075 | 318 | 235 |
| Zr-043 | 730 | 12,94 | 3.054 | 4,65 | 0,53 | 59,4 | 0,61 | 7,72 | 12,4 | 4,73 | 66 | 21,76 | 259,3 | 100,5 | 468,3 | 952 | 204,8 | 8.120 | 6,31 | 299,4 | 207,8 |
| Zr-044 | 534 | 9,97 | 2.707 | 10,78 | 0 | 76,1 | 0,083 | 2,09 | 5,88 | 2,26 | 42,4 | 16,58 | 214,3 | 88,9 | 434 | 933 | 203 | 9.960 | 8,478 | 284,4 | 261,2 |

JGB-462, análisis isotópicos de elementos traza en circón

| (ppm) | P | Ti | Y | Nb | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Yb | Lu | Hf | Pb | Th | U |
|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|-----|-------|-----|--------|-------|-------|-------|
| Zr-058 | 332 | 53 | 1.720 | 5 | 0 | 39 | 0 | 6 | 10 | 4 | 48 | 15 | 167 | 60 | 263 | 490 | 99 | 6.538 | 3,75 | 186 | 110 |
| Zr-067 | 382 | 10 | 1.132 | 3 | 0 | 32 | 0 | 3 | 6 | 2 | 27 | 9 | 99 | 38 | 181 | 359 | 77 | 7.014 | 3,5 | 136 | 102 |
| Zr-047 | 6.224 | 57 | 1.021 | 3 | 2 | 27 | 2 | 11 | 5 | 1 | 17 | 6 | 80 | 33 | 160 | 316 | 66 | 7.060 | 2,25 | 75 | 71 |
| Zr-040 | 212 | 10 | 565 | 1 | 0 | 14 | 0 | 1 | 2 | 1 | 11 | 4 | 48 | 19 | 89 | 196 | 45 | 7.490 | 1 | 44 | 33 |
| Zr-057 | 348 | 11 | 937 | 6 | 0 | 41 | 0 | 1 | 3 | 1 | 15 | 6 | 70 | 30 | 152 | 338 | 73 | 9.237 | 6,5 | 170 | 207 |
| Zr-069 | 600 | 8 | 2.184 | 7 | 0 | 71 | 0 | 4 | 9 | 3 | 47 | 16 | 189 | 74 | 336 | 674 | 138 | 6.996 | 7,25 | 449 | 222 |
| Zr-068 | 489 | 10 | 1.582 | 6 | 0 | 50 | 0 | 2 | 4 | 2 | 27 | 10 | 125 | 53 | 260 | 558 | 119 | 7.295 | 3,75 | 147 | 115 |
| Zr-041 | 402 | 10 | 1.043 | 5 | 0 | 38 | 0 | 1 | 3 | 1 | 16 | 6 | 76 | 33 | 171 | 394 | 89 | 10.754 | 3,75 | 113 | 111 |
| Zr-036 | 328 | 8 | 936 | 4 | 0,1 | 40 | 0,1 | 1 | 3 | 1 | 16 | 6 | 75 | 31 | 151 | 330 | 72 | 9.715 | 4 | 166 | 127 |
| Zr-037 | 608 | 10 | 1.842 | 9 | 0,1 | 87 | 0,1 | 3 | 7 | 2 | 39 | 13 | 158 | 60 | 283 | 565 | 120 | 9.162 | 10,5 | 732 | 327 |
| Zr-038 | 525 | 14 | 2.852 | 3 | 0,1 | 58 | 1 | 15 | 23 | 8 | 91 | 27 | 280 | 100 | 432 | 786 | 158 | 8.634 | 4 | 266 | 131 |
| Zr-039 | 731 | 11 | 3.309 | 5 | 0,1 | 95 | 2 | 23 | 30 | 9 | 105 | 33 | 331 | 119 | 503 | 889 | 173 | 7.484 | 5,5 | 587 | 184 |
| Zr-042 | 891 | 9 | 2.087 | 9 | 0,1 | 40 | 0,1 | 2 | 5 | 1 | 33 | 13 | 168 | 68 | 333 | 698 | 148 | 8.404 | 13 | 257 | 413 |
| Zr-043 | 402 | 8 | 1.939 | 12 | 0,1 | 87 | 0,1 | 3 | 6 | 2 | 35 | 12 | 160 | 65 | 320 | 659 | 142 | 10.036 | 8,5 | 270 | 243 |
| Zr-044 | 347 | 11 | 1.111 | 2 | 0,1 | 17 | 0,1 | 2 | 3 | 1 | 18 | 7 | 88 | 36 | 180 | 410 | 91 | 7.990 | 3 | 96 | 91 |
| Zr-045 | 611 | 10 | 2.030 | 7 | 0,1 | 62 | 0,1 | 3 | 6 | 2 | 34 | 13 | 166 | 68 | 321 | 675 | 144 | 7.815 | 5,25 | 230 | 159 |
| Zr-046 | 356 | 9 | 1.301 | 5 | 0,1 | 43 | 0,1 | 2 | 3 | 1 | 21 | 8 | 101 | 43 | 215 | 490 | 109 | 8.396 | 3,5 | 121 | 107 |
| Zr-048 | 761 | 9 | 2.000 | 9 | 1 | 76 | 0,1 | 4 | 6 | 2 | 36 | 12 | 152 | 62 | 305 | 739 | 160 | 8.418 | 8,25 | 436 | 279 |
| Zr-049 | 494 | 8 | 1.544 | 7 | 0,1 | 67 | 0,1 | 2 | 5 | 2 | 27 | 10 | 128 | 51 | 255 | 539 | 114 | 8.003 | 5 | 225 | 146 |
| Zr-050 | 416 | 8 | 1.761 | 7 | 0,1 | 64 | 0,1 | 2 | 4 | 2 | 26 | 10 | 133 | 58 | 283 | 606 | 132 | 7.821 | 5 | 196 | 154 |
| Zr-051 | 498 | 11 | 2.203 | 8 | 0,1 | 75 | 0,1 | 3 | 6 | 2 | 37 | 14 | 180 | 73 | 352 | 732 | 157 | 7.609 | 5,25 | 252 | 156 |
| Zr-052 | 330 | 11 | 1.141 | 2 | 0,1 | 28 | 0,1 | 3 | 5 | 2 | 30 | 10 | 109 | 40 | 179 | 340 | 70 | 7.286 | 1,75 | 96 | 54 |
| Zr-053 | 538 | 11 | 2.685 | 9 | 0,1 | 99 | 0,1 | 3 | 9 | 3 | 53 | 18 | 231 | 91 | 422 | 839 | 173 | 7.161 | 5,5 | 331 | 167 |
| Zr-054 | 395 | 8 | 1.622 | 15 | 0,1 | 92 | 0,1 | 2 | 6 | 1 | 31 | 11 | 142 | 55 | 255 | 508 | 103 | 7.959 | 11 | 528 | 345 |
| Zr-055 | 510 | 10 | 2.137 | 6 | 0,1 | 71 | 0,1 | 4 | 8 | 3 | 42 | 15 | 185 | 71 | 333 | 681 | 144 | 7.308 | 4,5 | 258 | 140 |
| Zr-056 | 684 | 11 | 3.400 | 4 | 0,1 | 79 | 1 | 17 | 29 | 9 | 114 | 33 | 352 | 123 | 515 | 898 | 178 | 7.793 | 7,25 | 397 | 241 |
| Zr-059 | 866 | 7 | 2.637 | 13 | 0,1 | 53 | 0,1 | 2 | 7 | 1 | 47 | 18 | 227 | 87 | 410 | 809 | 163 | 9.647 | 33,5 | 742 | 1.021 |
| Zr-060 | 1.008 | 10 | 4.560 | 13 | 0,1 | 188 | 0,1 | 9 | 20 | 6 | 111 | 38 | 431 | 162 | 718 | 1271 | 250 | 7.367 | 8,5 | 858 | 273 |
| Zr-061 | 385 | 9 | 1.429 | 5 | 0,1 | 52 | 0,1 | 2 | 4 | 2 | 27 | 10 | 118 | 47 | 227 | 483 | 104 | 7.686 | 5 | 235 | 150 |
| Zr-062 | 282 | 9 | 1.250 | 7 | 0,1 | 61 | 0,1 | 2 | 4 | 1 | 22 | 8 | 104 | 42 | 199 | 421 | 90 | 8.327 | 5 | 211 | 151 |
| Zr-063 | 257 | 7 | 740 | 4 | 0,1 | 29 | 0,1 | 1 | 2 | 1 | 11 | 4 | 59 | 25 | 120 | 271 | 59 | 8.005 | 3,5 | 114 | 106 |
| Zr-064 | 319 | 7 | 771 | 2 | 0,1 | 27 | 0,1 | 1 | 2 | 1 | 14 | 5 | 63 | 26 | 126 | 272 | 60 | 8.160 | 1,75 | 66 | 53 |
| Zr-065 | 815 | 8 | 4.133 | 11 | 0,1 | 164 | 1 | 15 | 22 | 8 | 102 | 33 | 376 | 142 | 637 | 1253 | 255 | 6.228 | 10,8 | 834 | 348 |
| Zr-066 | 1.033 | 8 | 2.877 | 12 | 0,1 | 94 | 0,1 | 5 | 11 | 2 | 60 | 22 | 261 | 100 | 455 | 860 | 170 | 7.552 | 20 | 809 | 616 |
| Zr-070 | 389 | 7 | 1.464 | 8 | 0,1 | 75 | 0,1 | 2 | 5 | 2 | 28 | 10 | 127 | 50 | 233 | 468 | 96 | 8.160 | 6,25 | 351 | 206 |
| Zr-025 | 530 | 110 | 1.560 | 10,8 | 3,7 | 60 | 0,8 | 4,6 | 5,7 | 1,86 | 21,5 | 9,7 | 125 | 50 | 245 | 560 | 123 | 8.900 | 7,375 | 244 | 221 |
| Zr-030 | 910 | 10,7 | 2.100 | 16,5 | 1,23 | 109 | 0,6 | 4,9 | 5,5 | 3,47 | 34,5 | 13,2 | 171 | 71 | 348 | 790 | 162 | 10.500 | 10,48 | 325 | 368 |
| Zr-032 | 330 | 15,7 | 1.660 | 14,1 | 0,102 | 52,5 | 0,044 | 0,97 | 2,31 | 1,04 | 19,5 | 8,2 | 117 | 51,5 | 265 | 636 | 144 | 10.900 | 10,38 | 297 | 357 |
| Zr-029 | 890 | 13,1 | 1.770 | 15,7 | 0 | 57 | 0,105 | 1,4 | 3,07 | 1,09 | 27,3 | 10,5 | 113,8 | 56 | 297 | 650 | 144 | 6.200 | 12,75 | 362 | 420 |
| Zr-003 | 660 | 10,1 | 1.350 | 8,8 | 0 | 48,3 | 0,05 | 1,33 | 3,97 | 1,09 | 22,8 | 8,2 | 109 | 44,3 | 215 | 464 | 98 | 10.200 | 8,725 | 343 | 269 |
| Zr-019 | 1.270 | 15,3 | 3.500 | 16,8 | 0,31 | 123 | 0,29 | 6,2 | 12,8 | 3 | 77 | 24,6 | 300 | 116 | 540 | 1.060 | 219 | 12.000 | 20 | 1.050 | 590 |
| Zr-001 | 730 | 12,2 | 3.250 | 26,9 | 0,01 | 211 | 0,281 | 6,3 | 13,7 | 3,3 | 72 | 25 | 291 | 111 | 500 | 950 | 193 | 9.500 | 22,5 | 1.610 | 720 |
| Zr-002 | 1.280 | 9,3 | 3.840 | 56,3 | 0,011 | 101 | 0,097 | 2,31 | 7,63 | 1,89 | 59,3 | 24,5 | 312 | 128 | 601 | 1.240 | 244 | 10.080 | 30,5 | 1.210 | 986 |
| Zr-004 | 6.000 | 30,5 | 3.500 | 51 | 24,1 | 149 | 10,4 | 59 | 21,9 | 2,47 | 71,3 | 24,7 | 308 | 121 | 559 | 1.090 | 215 | 13.100 | 42,75 | 1.850 | 1.390 |
| Zr-005 | 500 | 9,4 | 670 | 1,81 | 0,026 | 4,02 | 0,016 | 0,63 | 1,5 | 0,118 | 10,2 | 4,26 | 53,5 | 22,4 | 105 | 206 | 40 | 8.980 | 28,5 | 36,2 | 122 |
| Zr-006 | 720 | 11,4 | 1.970 | 8,5 | 0,003 | 85 | 0,15 | 3,25 | 6,6 | 2,12 | 36,1 | 12,9 | 163 | 66,5 | 311 | 647 | 132 | 8.810 | 5,925 | 277 | 192 |
| Zr-007 | 610 | 11,2 | 2.270 | 10,7 | 0,003 | 96 | 0,122 | 3,21 | 7,4 | 3,16 | 46,9 | 16,5 | 202 | 78,8 | 362 | 746 | 150 | 8.710 | 9,15 | 467 | 299 |
| Zr-008 | 1.000 | 12,3 | 2.440 | 5,2 | 0 | 8,4 | 0,052 | 0,13 | 2,5 | 0,21 | 22,4 | 12,3 | 189 | 79 | 410 | 960 | 204 | 14.200 | 39 | 166 | 1.050 |
| Zr-009 | 590 | 11,7 | 3.530 | 6 | 0,055 | 89 | 0,51 | 9,4 | 17,9 | 5,97 | 83 | 27,4 | 319 | 121 | 544 | 1.010 | 203 | 10.700 | 7,125 | 392 | 245 |
| Zr-010 | 10 | 9,6 | 388 | 2,84 | 0 | 3,01 | 0,01 | 0,04 | 0,28 | 0,161 | 3,12 | 1,32 | 22,2 | 10,6 | 62 | 236 | 74 | 13.700 | 46,25 | 15,1 | 279 |
| Zr-011 | 790 | 14 | 2.620 | 10,7 | 0 | 81,5 | 0,125 | 3,37 | 7,4 | 2,76 | 45,1 | 17,8 | 228 | 89 | 423 | 890 | 176 | 9.800 | 8,075 | 305 | 261 |
| Zr-012 | 330 | 9,6 | 960 | 4,4 | 0,02 | 25 | 0,039 | 0,97 | 3,3 | 0,75 | 18 | 7 | 81 | 32 | 148 | 294 | 60 | 12.400 | 77 | 105 | 500 |
| Zr-013 | 660 | 10,8 | 3.350 | 29,2 | 0,057 | 103 | 0,064 | 1,56 | 3,93 | 1,56 | 36,1 | 15,2 | 214 | 99 | 525 | 1.350 | 309 | 11.900 | 24 | 880 | 784 |
| Zr-014 | 890 | 14 | 2.500 | 17,8 | 0,002 | 111 | 0,119 | 3,2 | 6,8 | 2,19 | 45,1 | 16,8 | 213 | 85 | 399 | 840 | 176 | 12.400 | 13,05 | 640 | 429 |
| Zr-015 | 940 | 16,3 | 1.750 | 5,51 | 1,8 | 46,2 | 0,67 | 5,5 | 5,4 | 1,73 | 30,2 | 11,1 | 144 | 58,6 | 281 | 582 | 125 | 8.520 | 4,75 | 179 | 156 |

| (ppm) | P | Ti | Y | Nb | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Yb | Lu | Hf | Pb | Th | U |
|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------|-----|--------|-------|-------|-----|
| Zr-016 | 950 | 13,6 | 2.280 | 10,7 | 0,217 | 107 | 0,214 | 3,87 | 8 | 3,43 | 49,8 | 16,9 | 207 | 78,3 | 351 | 655 | 133 | 9.800 | 12,35 | 910 | 409 |
| Zr-017 | 540 | 9,4 | 1.490 | 10,5 | 0,011 | 66,8 | 0,084 | 1,57 | 3,46 | 1,18 | 23,4 | 8,8 | 114 | 47,3 | 237 | 499 | 110 | 10.200 | 7,95 | 349 | 274 |
| Zr-018 | 460 | 9,7 | 1.050 | 2,33 | 0,015 | 41 | 0,294 | 4,03 | 6,4 | 1,87 | 25,1 | 7,87 | 91 | 34,8 | 161 | 357 | 77 | 9.050 | 9,7 | 435 | 321 |
| Zr-020 | 1.230 | 12 | 3.660 | 27,5 | 0,002 | 158 | 0,165 | 4,86 | 12,1 | 4,33 | 77 | 26 | 337 | 134 | 599 | 1.170 | 223 | 10.100 | 21,75 | 1.320 | 734 |
| Zr-021 | 620 | 12,8 | 1.900 | 5,3 | 0,001 | 51,6 | 0,159 | 2,85 | 6,3 | 2,38 | 33,8 | 12,6 | 157 | 63 | 301 | 630 | 134 | 11.500 | 4,7 | 156 | 149 |
| Zr-022 | 600 | 8,5 | 1.280 | 11,5 | 0 | 32,7 | 0,026 | 0,53 | 2,3 | 0,63 | 13,7 | 6,02 | 87 | 38,2 | 207 | 484 | 110 | 9.500 | 7,575 | 205 | 264 |
| Zr-023 | -600 | 10,5 | 630 | 1,64 | 0 | 17,1 | 0,09 | 1,2 | 2,4 | 0,38 | 8 | 4 | 49 | 21,2 | 101 | 212 | 46 | 5.700 | 2,575 | 63 | 76 |
| Zr-024 | 270 | 10,8 | 592 | 2,31 | 1,17 | 24,3 | 0,75 | 4,58 | 3,43 | 1,37 | 12,3 | 3,9 | 46,7 | 18,2 | 87 | 192 | 43 | 9.100 | 2,125 | 74 | 72 |
| Zr-026 | 290 | 14,6 | 1.570 | 2,52 | 0,012 | 13,8 | 0,389 | 7,3 | 11,3 | 2,24 | 51,7 | 15,8 | 164 | 55,5 | 220 | 359 | 68 | 10.300 | 19 | 47,3 | 115 |
| Zr-027 | 330 | 13,5 | 1.540 | 5,82 | 0,51 | 61,5 | 0,333 | 3,4 | 6,31 | 2,21 | 32,6 | 11,4 | 135 | 51,3 | 230 | 448 | 94 | 8.920 | 5,975 | 393 | 194 |
| Zr-028 | 370 | 8,59 | 1.400 | 5,47 | 0 | 54 | 0,1 | 2,11 | 4,38 | 1,5 | 25,2 | 9,2 | 119 | 44,6 | 221 | 440 | 97 | 9.520 | 4,525 | 208 | 147 |
| Zr-031 | 700 | 10,6 | 2.530 | 13,5 | 0,005 | 98 | 0,107 | 2,75 | 5,85 | 2,34 | 39,9 | 14,8 | 204 | 84 | 406 | 840 | 173 | 10.100 | 10,58 | 335 | 323 |
| Zr-033 | 960 | 172 | 2.090 | 12 | 0,158 | 53,2 | 0,102 | 1,59 | 4,33 | 1,49 | 28,7 | 11,5 | 155 | 65,7 | 328 | 789 | 169 | 9.290 | 15,03 | 415 | 506 |
| Zr-034 | 580 | 9,1 | 1.680 | 13,3 | 0,5 | 85 | 0,207 | 2,2 | 4,29 | 1,28 | 26,3 | 10,2 | 136 | 55,4 | 260 | 551 | 112 | 10.400 | 9,6 | 385 | 311 |
| Zr-035 | 510 | 16 | 3.070 | 8,48 | 0,02 | 86,4 | 0,24 | 3,81 | 8,2 | 3,41 | 52,3 | 19,8 | 261 | 99,4 | 473 | 882 | 181 | 8.500 | 6,625 | 328 | 223 |