



CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOCRONOLOGÍA DETRÍTICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL ARROYO ALBERTO (SERRANÍA DEL PERIJÁ), INFRA YACENTES A LA FORMACION RÍO NEGRO

Paola Catalina Montaño C.
Departamento de Geociencias, Universidad Nacional
pcmontanoc@unal.edu.co

José María Jaramillo
Director de Trabajo de grado, departamento de Geociencias,
Universidad Nacional de Colombia. jjaramillo@laef.com

Uwe Martens
Codirector, Geology Department Stanford University, Palo Alto,
California EEUU. uwe.martens@yahoo.com

RESUMEN

Estudios anteriores realizados en el flanco Occidental de La Serranía del Perijá (Colombia) sobre el Arroyo Alberto, se describen tobas soldadas y rocas violáceas a grises, que se han catalogado dentro de la Formación La Quinta, unidad volcanosedimentaria con una sucesión de areniscas rojas e intercalaciones de material piroclástico, de edad Jurasica y que obedece a una sedimentación en una fosa que resulta de una tectónica distensiva debido al rompimiento de Pangea y la apertura para el mar Caribe.

Para este trabajo se recolectan 4 muestras de roca en el Arroyo Alberto sobre una sección de 93 metros, las cuales petrográficamente se clasifican como margas, esparitas, areniscas lodosas, con minerales de cuarzo y feldespato potásico (microclina), plagioclasas (Labradorita), muscovita y parcialmente alterada a sericita, los granos son de formas angulares y de tamaños entre 62,5µm a 125 µm, y en algunas partes se distingue el reemplazamiento de la sílice por el carbonato. De estas muestras se obtuvo una cantidad suficiente de cristales de circón los cuales se analizaron por catodoluminiscencia (50 circones de cada muestra), los circones en su mayoría son zonados lo cual indica su origen ígneo. Nueve circones de una muestra, se dataron por el método U/Pb usando un sistema LA-ICP-MS de la Universidad de Arizona. Los resultados obtenidos indican que estos sedimentos provienen de rocas cuyas edades oscilan entre el Proterozoico y el Jurásico Medio (Andes de Mérida y Macizo de Santander), que se depositaron después del Jurásico Medio, y que las rocas muestreadas en el Arroyo Alberto pertenecen a la parte superior de la Formación La Quinta; y también se propone que la paleogeografía para el Jurásico y Cretácico era similar debido a que se obtiene las mismas áreas de aporte y familias de circones en la Formación La Quinta, a los que se tiene en la Formación Río Negro.

Palabras Claves: Serranía del Perijá, geocronología U/Pb, Jurásico, LA-ICP-MS.

ABSTRACT

Previous studies conducted in the western flank of the Serranía del Perijá (Colombia) in the Arroyo Alberto, describes welded tuffs and violet to gray rocks, which have been cataloged in the La Quinta Formation, volcano - sedimentary unit with a succession of red sandstones and intercalations of pyroclastic material, of Jurassic age that is due to a deposition in a pit which is a extensional tectonic because of the breakup of Pangea and the opening to the Caribbean Sea.

For this work are collected 4 samples of rock Alberto Arroyo in a section of 93 meters, which are classified as marls petrographic, sparstones, and muddy sandstone, with minerals of quartz and potassium feldspar (microcline), plagioclase (Labradorite), muscovite and partially altered to sericite, the grains are angular shapes and sizes between 62.5 µm to 125 µm, and differs in some parts replacement of silica by carbonate. These samples were obtained a sufficient amount of the zircon crystals were analyzed by catodoluminiscencia (50 zircons from each sample), the zircons are mostly zonation which indicates their igneous origin. Nine zircons from one sample, dated by the method U / Pb system using a LA-ICP-MS from the University of Arizona. The results indicate that the sediments studied are from rocks whose ages range from Proterozoic to Middle Jurassic (Andes of Merida and Massif de Santander), which were deposited after the Middle Jurassic, and the rocks sampled in the fall of Alberto Arroyo top of the La Quinta, and also proposes that for the Jurassic paleogeography and Cretaceous was similar because it is derived from the same areas and families of zircon in La Quinta Formation, which is in Río Negro Formation.

Key words: Serrania del Perija, Geocronology U/Pb, Jurassic, LA-ICP-MS.

INTRODUCCIÓN

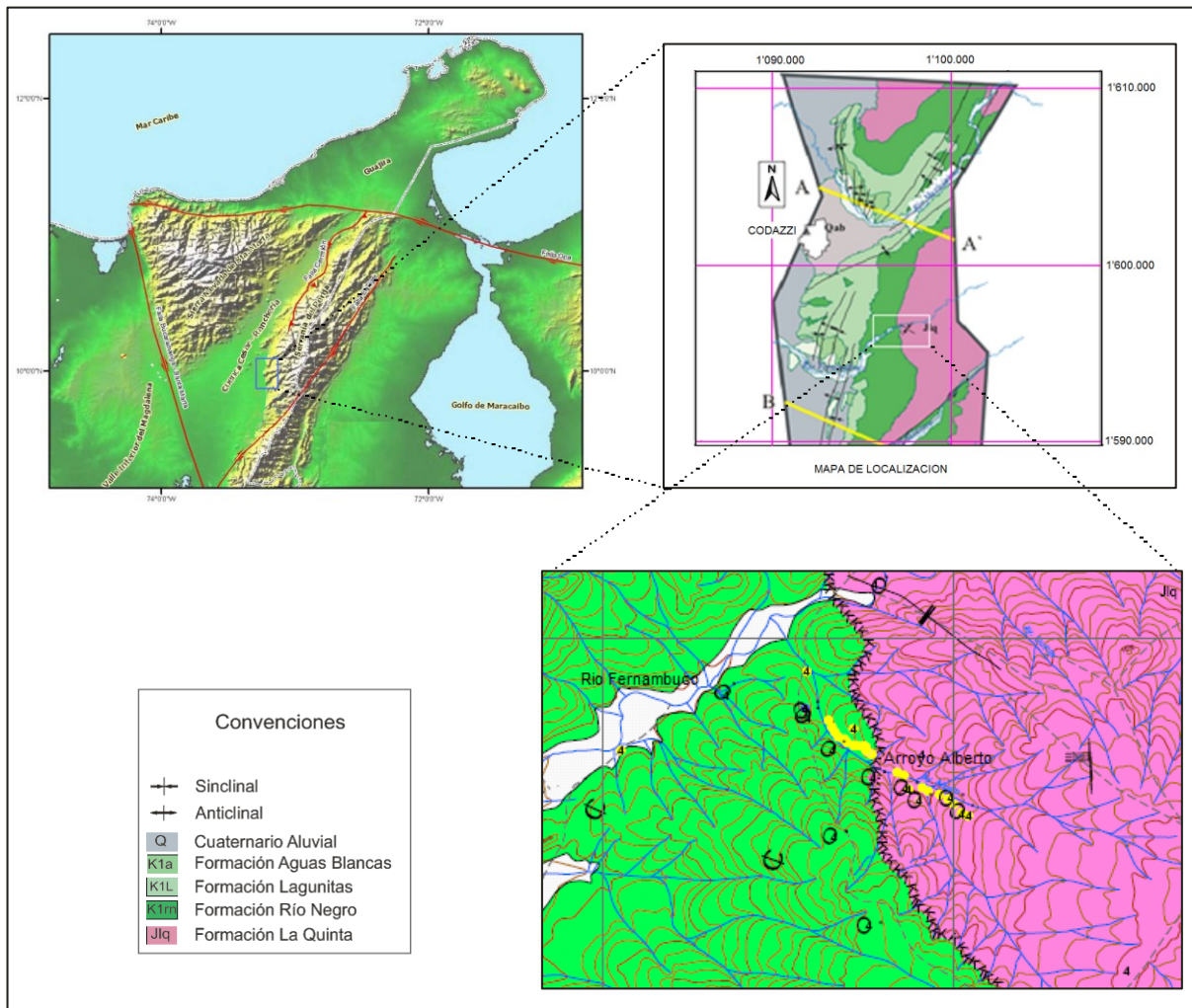


Figura 1. Localización de la zona, Sobre la Serranía del Perijá, el Arroyo Alberto, (Modificada de Geoestudios 2006).

En el Mesozoico la tectónica para el límite norte de la placa Suramericana, es de gran actividad, ya que el rompimiento de Pangea se genera entre el Triásico – Jurásico, por el desarrollo de un límite distensivo tipo rift, que separa el continente norteamericano de Suramérica, dando como resultado la formación del mar Caribe, siguiendo con una tectónica distensiva para el cretácico temprano y dando paso a la evolución del mar epicontinental en Colombia y Venezuela, el cual perdura hasta la orogenia andina en el Mioceno. En la parte Noroccidental de Sur América, la unidad que evidencian la tectónica del Mesozoico Temprano es la Formación La Quinta

caracterizada por ser una sucesión volcánico - sedimentaria, que se extiende sobre la Serranía del Perijá entre Venezuela y Colombia, y se le establecen edades que oscilan desde el Triásico superior hasta el Jurásico junto con un ambiente de cuenca de rift, y en su mayoría para las rocas que se encuentra expuesta en territorio venezolano; para el cretácico temprano en un ambiente de ríos trenzados se deposita la Formación Río Negro, una secuencia de sedimentos clásticos desde conglomerados polimícticos a lodolitas rojas, y se encuentra en discordancia con la Formación La Quinta; y para el cretácico Medio se deposita la Formación Lagunitas compuesta en su mayoría por calizas, que obedecen a un ambiente más profundo, en donde se da la precipitación de carbonatos.

Las rocas encontradas en el Arroyo Alberto, en la Serranía del Perijá (Figura 1), que están infra yaciendo a la Formación Río Negro y que en estudios anteriores fueron descritas como tobas pertenecientes a la Formación La Quinta se toman como base para realizar la caracterización microscópica tanto de las rocas como de los minerales, de los que se realiza un análisis de los circones, para poder establecer su procedencia y posición estratigráfica.

GEOLOGIA REGIONAL

La Serranía del Perijá se encuentra ubicada al noroccidente de Suramérica, entre Colombia y Venezuela, está limitada al norte por la Falla de Oca, y al Sur por la Falla Santa Marta-Bucaramanga, allí afloran las rocas desde el Jurásico hasta el Terciario, y en este trabajo se enfatiza las unidades estratigráficas ubicadas entre el Jurásico y el Cretácico Medio.

Para el Jurásico, la tectónica global indica una separación de Pangea por la apertura del golfo de México, y la rotación desde el oeste hasta el norte de Suramérica de la Placa Caribe. Dos cuencas de rift que se generaron al norte de Suramérica, una por la separación de Yucatán y Sur América a la altura de Venezuela, y la otra al noroccidente entre la antigua placa de Chortis y Colombia; dan como resultando vulcanismo y depositación de rocas piroclásticas, y el comienzo del ingreso del mar a Venezuela y Colombia, para el Neocomiano, y así la generación de la cuenca de back-arc para todo el cretácico (Pindell & Kennan, en prensa), la cual se termina con la Orogenia andina por el levantamiento de la cordillera Oriental.

Las unidades litoestratigráficas que se encuentran expuestas en la Serranía del Perijá correspondientes a estos eventos tectónicos son la Formación La Quinta del Jurásico, la Formación Río Negro del Cretácico Temprano y la Formación Lagunitas del cretácico medio.

Formación La Quinta

La Formación la Quinta (Tabla 1) aflora en la Serranía del Perijá, que se encuentra entre Colombia y Venezuela, y en Los Andes de Mérida. El nombre de Formación La Quinta, y la primera descripción formal en Los Andes de Mérida fue publicada por Kundig (1938), y la ubica estratigráficamente entre el Pérmico y el Cretácico. La localidad tipo tiene un espesor de 2300 m, y se encuentra en Venezuela al sur del caserío de La Quinta, estado Táchira, esta fue descrita por Schubert *et al.* (1979) y por Schubert (1986). En Colombia Hernández (2003) reporta que la Formación la Quinta aflora a lo largo del flanco oeste de la Serranía de Perijá, al este de las poblaciones de La Jagua de Ibirico, Victoria de San Isidro y al sureste de Santa Isabel; Arias & Morales (1999) reportan que aflora cerca al Municipio de Manaure y se prolonga hacia el sur hasta la quebrada San Antonio, con un espesor entre 2700m y 3000m, mientras en La Jagua de Ibirico su espesor disminuye notoriamente debido a fallas inversas locales, que afectaron la unidad por el levantamiento en el Mioceno debido a la Orogenia Andina.

La Formación La Quinta es ubicada en el Jurásico Temprano a Tardío, según evidencia fósil de ornithischian *Lesothosaurus* sp y restos de reptiles descritos por Barrett *et. al.* (2008), en cuanto a edades radiométricas se encuentra un número limitado en rocas volcánicas asociadas con la Formación La Quinta (Tabla 2), de la parte venezolana. En cuanto al contenido fósil según Kundig (1938) hay presencia de coprolitos de peces con escamas, placas, dientes y huesos palatinos, pertenecientes al género ganóideo *Lepidotus*. En la sección tipo, se han hallado Concostráceos (estéridos), ostrácodos, restos de dientes de peces, palinomorfos y restos de plantas (Schubert *et al.* 1979).

Tabla 1. Descripciones realizadas de la Formación La Quinta.

| Schubert et al. (1979). Sección Tipo (Venezuela) | Maze (1984) Sierra de Perijá (Venezuela) | Hernández (2003) Serranía del Perijá (Colombia) | Geoestudios (2006) Serranía del Perijá (Colombia) |
|---|---|--|---|
| Limolita y arenisca, intercaladas con material tobáceo, de color rojo. 620 m de espesor. | Arcosas rojas, de grano grueso, y capas finas de ceniza félsica roja a rosada, con algunos conglomerados de cantos. | Sucesión de limolitas rojas silíceas, ocasionalmente arenosas, y niveles conglomeráticos con estratificación | Compuesta por tobas de ceniza, macizas, afaníticas de color rojo púrpura, y tobas soldadas con pseudolaminación, junto con lodolitas ligeramente calcáreas, y arenitas conglomeráticas a conglomerados matriz soportados, y en sectores localizados se encuentran |
| Secuencia interestratificada de tobas, areniscas gruesas y conglomeráticas, limolita y algunas capas delgadas de caliza. 840 m. | Capas de basalto-andesita, conglomerado tobáceo, y arcosa verde, mediana a gruesa, con intercalaciones de arcosa marrón, y lutita roja a negra, fosilíferas. 100 m. | inclinada, cruzada y capas que se acuñan. Hay venas de calcita y manifestaciones de malaquita. En ocasiones, esta unidad presenta ignimbritas oscuras con fragmentos | volcánicos de 2 a 20 cm; hacia el techo se encuentran localmente intercalaciones de tobas líticas. |
| Toba vítrea de color violáceo. 150 m de espesor. | Arcosa marrón a roja oscura, fina a mediana, con pocas intercalaciones volcánicas, contiene fragmentos vegetales y de carbón. 700-800 m | | interestratificaciones gruesas de lodolitas rojizas y arenitas arcósicas con estratificación cruzada. |

Tabla 2. Edades isotópicas realizadas en Venezuela.

| Schubert et al. (1979) Sección Tipo | Maze (1984) Serranía del Perijá (Venezuela) |
|--|--|
| U/U de 229 ± 15 M.a | U/Pb (Tobas, en circón) de 140-160 M.a. |
| K/Ar de 122,5 ± 7,7 M.a. | Rb/Sr (Tobas, en roca total) 156-174 M.a. |
| K/Ar 149 ± 10 M.a. | K/Ar (Tobas, en roca total) 155 ± 5 M.a. |
| | K/Ar (Tobas, en roca total) 146 ± 7 M.a. |

En la sección tipo, la Formación La Quinta cubre discordantemente a filitas de la Formación Mucuchachí (Paleozoico Superior) y el contacto con la Formación Río Negro (Cretáceo Inferior), es una discordancia paralela o es transicional (Schubert *et al.* 1979). Con frecuencia, se encuentra en contacto de falla con unidades paleozoicas y mesozoicas. En la Serranía del Perijá, en el flanco oriental parte venezolana, el contacto inferior de la Formación La Quinta es transicional

con la Formación Macoíta (Jurásico) y el superior es discordante con el Conglomerado Seco (González de Juana *et al.* 1980).

Con base en las estructuras sedimentarias, litología y distribución de las rocas piroclásticas Schubert (1986), postula que la secuencia de limolitas de la Formación La Quinta, se originó en una planicie aluvial. En los intervalos inferior y medio, la presencia de tobas y conglomerados, indica levantamiento tectónico, y una deposición de sedimentos mixtos (gruesos y finos), bajo un clima árido o semiárido. El cambio de color entre el intervalo medio (verde, gris, violeta) y el superior (marrón chocolate), se debe a la abundancia de tobas en el primero. Se ha interpretado que la deposición de lavas, desorganizó el drenaje y produjo condiciones de laguna o pantano locales, en las cuales existían condiciones reductoras y una deposición local calcárea. Cuando cesó la actividad volcánica, se restableció el drenaje y se depositó la secuencia de capas rojas superiores. En la región de Mérida, Odreman y Ghosh (1980) concluyeron que la secuencia no-roja de la Formación La Quinta, se puede interpretar como un evento de progradación sedimentaria, con depósitos de laguna dulce en su parte inferior. Según este modelo, las capas rojas representan una facies marginal dentro de la cuenca. Cáceres (1981) dice que para el ambiente de depositación de la Formación La Quinta es una cuenca amplia afectada por una tectónica distensiva, primero condiciones fluviales con predominio de humedad y oxidación y luego volcánicas explosivas piroclásticas. En la actualidad Bayona *et al.* (1994, en Geostudios, 2006) interpreta ambientes vulcanosedimentarios para la acumulación de estas secuencias; las tobas corresponden a materiales detríticos expulsados por chimeneas volcánicas, que son transportadas por corrientes de aire o por flujos piroclásticos y son acumuladas sobre la superficie del terreno, y los conglomerados se desarrollaron mediante mecanismos de flujos de escombros; En general estos depósitos fueron acumulados en las partes distales a medias de los focos volcánicos.

Benedetto y Odreman (1977) correlacionaron a la sección tipo, con las Formaciones Macoíta, La Quinta y Conglomerado de Seco, en el flanco oriental de la sierra de Perijá, y con la Formación La Quinta en la región de Manaure (flanco occidental de la Sierra, Colombia). También la correlacionaron con la Formación Montebel, la Formación Bocas, Grupo Girón y Conglomerado Rojo (río Lebrija), todas en la cordillera oriental de Colombia. También esta unidad ha sido

correlacionada con la Formación Guatapurí (Tschanz et al. 1969) y con la Formación Saldaña (Hernández 2003), la cual también se caracteriza por ser una unidad volcanosedimentaria.

Formación Río Negro

La Formación Río Negro fue designada por Hedberg H. D. (1931) en Venezuela, y en Colombia este nombre fue usado por Trumpy D. (1949). La localidad tipo se encuentra en el Río Negro, en la Sierra de Perijá, estado Zulia, en Venezuela.

La unidad aflora en la mayor parte del occidente de Venezuela, en los estados Zulia, Táchira, Mérida. Y presenta espesores de 3000 m en la sección tipo, en el surco de Machiques se midieron 1.500 metros, en la región de San Cristóbal 1.450 metros y la unidad se adelgaza, cuando se avanza de la depresión del Táchira, hacia el Alto de Mérida. Hernández M. (2003) reporta que en Colombia la Formación Río Negro aflora en las estribaciones de la Serranía de Perijá al oriente localidades de Poponte en el Río La Mula y Rincón Hondo, en el cerro Arenas Blancas, cerro de San José, cuchilla Cerro Azul y Loma La Victoria, cerca a la inspección de policía Santa Isabel. Arias A. y Morales C. J. (1999) reportan que aflora al oriente de Manaure en el páramo Sabana Rubia, al suroriente de Codazzi por el Río Sicararé, al sur del Río Fernambuco entre Codazzi y Casacará; y Geoestudios (2006) reporta que la unidad se encuentra a lo largo de toda la Serranía del Perijá desde los municipios de Becerril hasta Codazzi, por los ríos Fernambuco, y Casacará. En los espesores encontrados en Colombia Ecopetrol en el Pozo Cesar A-1X reporta 203 m para el área al occidente de La Jagua de Ibirico, Hernández M. (2003) encontró compilando datos de campo con datos de pozo un espesor de 200 a 250 m.

En base a sus relaciones de campo, y a la flora y fauna determinadas, la edad de la formación se considera Neocomiense - Barremiense, según Govea C., y Dueñas E. (1975) le asignan una edad Barremiano - Aptiano Temprano, mientras que Gil A., y Martínez H. (1990) proponen una edad Aptiano Temprano. Se presentan diversos niveles fosilíferos, portadores de una fauna de Bivalvos, entre los que se ha identificado *Corbula* sp., *Buchia* sp., *Ostrea* sp., *Nuculana* sp., *Unio* sp., *Pholadomya* sp., *Protocardia* sp., *Modiolus* sp. Además de algunos gasterópodos, fragmentos de equinoideos y restos de vegetales (García et al. 1980). Useche y Fierro (1972) señalan en la

región de Pregonero, la presencia de restos, de plantas, entre las que se determinó el género *Weichselia* sp., y algas fósiles. La Formación Río Negro supra yace discordantemente capas de la Formación La Quinta e infra yace de forma transicional al Grupo Cogollo, en Colombia.

Tabla 3. Descripciones realizadas de la Formación Río Negro.

| García et al. (1980) estado Táchira | Hernández M. (2003) | Geoestudios (2006) Serranía del Perijá (Colombia) | Rivera F. G. (1998) |
|--|---|--|--|
| <p>Inicia, con capas de arenisca de grano fino a grueso y conglomerados, intercalados con niveles de lutitas y limolitas negras en parte carbonosas, muy fosilíferas, y capas de caliza y yeso. Se presenta una alternancia de capas potentes de conglomerados de grano grueso y de lutitas. Las capas conglomeráticas, están formadas por clastos, en su mayoría de cuarzo, redondeados a subangulares; Es frecuente la estratificación cruzada, hacia la base y cortada hacia el tope.</p> | <p>Describe rocas detríticas, de composición especialmente arcósica. En el cerro Arenas Blancas, al noroccidente de Poponte, está conformada por capas de arenisca de grano grueso, arenisca conglomerática y conglomerado; las capas son delgadas y en algunas se observa estratificación cruzada.</p> | <p>Secuencias granodecrecientes que incluyen arenitas arcósicas con estratificación cruzada, arenitas subarcósicas con estratificación horizontal y niveles de cuarzoarenitas, moscovíticas en capas gruesas cuneiformes. Afloran limolitas, lodolitas macizas con moscovita hasta en un 5%, color púrpura, y algunos niveles de arenitas arcósicas. En la región Fernambuco predominan las arenitas subarcósicas con estratificación cruzada en capas cuneiformes, arenitas conglomeráticas, conglomerados clastosoportados con estratificación cruzada conformando secuencias granodecrecientes.</p> | <p>Encuentra areniscas de variada composición incluyendo cuarzoarenitas, litoarenitas y litoarenitas feldespáticas de tamaño de grano grueso a conglomerático, las litoarenitas en su mayoría son finas a gruesas.</p> |
| <p>En la parte media se presentan horizontes de coloración rojiza.</p> | | | |
| <p>Los términos superiores de esta columna, están formados por capas de areniscas conglomeráticas; con estratos alternantes de poco espesor de lutitas y limolitas oscuras.</p> | | | |

De acuerdo con sus características litológicas Hernández M. (2003) define un ambiente de depósito de abanicos aluviales, los cuales drenaban desde los altos del basamento (Formación La Quinta y rocas paleozoicas) ubicadas al oeste, este y norte de la actual cuenca del Cesar. A medida que el mar avanzó en su proceso transgresivo, el ambiente se fue tornando marino (Cáceres et al. 1980; García C. 1990).

Según Govea C., y Dueñas E. (1975) se correlaciona con la Formación Rio Negro en Venezuela, con la base de la Formación Uribante en el área de Catatumbo y con la Formación Tambor en el Valle Medio del Magdalena.

METODOLOGIA

Se levanto una sección estratigráfica de 93 metros en el Arroyo Alberto ubicado sobre la Serranía del Perijá, al Sureste de el municipio de Agustín Codazzi (Cesar), en donde se recolectaron 4 muestras, que se encuentra referenciadas sobre la columna estratigráfica realizada (Anexo1). Se fabricaron secciones delgadas pulidas de cada una de las cuatro muestras que se estudiaron en el laboratorio petrográfico del departamento de Geociencias de la Universidad Nacional.

Se realizó una separación de minerales pesados en el laboratorio de Apatito to Zircon Inc. Primero se realizó con Metatungstato de Litio con una densidad aproximada de 2.95g/cm^3 , luego se realizó un separación magnética, con un separador magnético Frantz a diferentes intensidades de corriente. Finalmente se separó los circones de los apatitos con una solución de Yoduro de Metileno con una densidad aproximada de 3.32 g/cm^3 , y posteriormente se escogieron aleatoriamente unos 50 circones, de cada una de las muestras, se analizaron con la microsonda Jeol JSM- 5600LV Scanning Electrone Microscope de la Universidad de Stanford, con la cual se obtvieron imágenes de catodo-luminiscencia y finalmente se dataron 9 circones de una muestra por el método Uranio/Plomo en el laboratorio LA-ICP-MS de la Universidad de Arizona, los datos obtenidos se modelaron con el programa para Excel Isoplot 3.00 de Kenneth R. Ludwig; la Tabla 4 se da el inventario de las muestras junto con los procedimientos realizados a cada una de ellas.

Para la petrografía se hace una primera observación realizando un conteo de 200 puntos para cada placa, posteriormente se identifican parámetros que permiten realizar una nueva clasificación más detallada de cada placa, ya que se observa que las muestras presentan un porcentaje de lodo y cemento mayor o igual a 30, y también que en la mayoría de las placas se evidencia contactos sedimentarios, y estas características definen un rango más específico para la clasificación de cada placa. En la segunda clasificación se realiza las descripciones de cada muestra, y se clasifican según las características más predominantes de cada placa, teniendo como criterio la predominancia de cemento o lodo según el lugar de la placa, llegando a evidenciar 2 litologías para las secciones. En la Tabla 5 se muestra la definición para cada tipo de grano contado y en la Tabla 6 los cálculos realizados para las clasificaciones.

Tabla 4. Inventario de muestras recolectadas y procedimientos realizados, para cada una.

| No. Muestra | Secciones Delgadas Pulidas | Separación de Minerales pesados | Catodoluminiscencia | Geocronología |
|-------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------|
| CR-10 | x | x | x | |
| CR-11 | x | x | x | |
| CR-12 | x | x | x | x |
| CR-13 | x | x | x | |

Tabla 5. Nombre utilizados para los granos de las placas en petrografía.

| Código | Nombre | Descripción |
|--------|--|---|
| Qmo | Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa | Granos con caras limpias, de bajo relieve, que no se extinguen completamente. |
| Qmr | Cuarzo monocristalino con extinción recta | Granos con caras limpias, de bajo relieve, que se extinguen completamente. |
| Fk | Feldespatos potásico | Granos con macla microclina. |
| Fpl | Feldespatos plagioclasa | Granos de relieve medio, con macla polisintética |
| Li | Líticos ígneos | Fragmentos con cuarzos corroídos, policristalinos. |
| Musc | Mucosita | Laminas de mica blanca, con alta birrefringencia. |

Tabla 6. Cálculos realizados para la clasificación de cada placa.

| Código | Cálculos |
|----------------------|--|
| Armazón | $\% \text{Armazón} = (200 / (Qmo + Qmr + Fk + Fpl + Li)) * 100$ |
| Cemento-matriz-poros | $\% \text{Material Intersticial} = (\text{Cemento} + \text{Matriz} + \text{Poros} / \text{Total de puntos}) * 100$ |
| Qt | $\% \text{Cuarzo Total} = \%Qmr + \%Qmo$ |
| F | $\% \text{Feldespatos} = \%Fpl + \%Fk$ |
| Lt | $\% \text{líticos ígneos}$ |
| Mus | $\% \text{Muscovita}$ |

RESULTADOS

Las cuatro muestras presentan minerales de cuarzo angulares, entre 45 y 140 micras, pero predominando los tamaños de arena muy fina para el armazón; Labradorita suhdrales con macla de la albita y menos frecuente macla de periclina, entre 50 y 130 micras, predominando los granos entre 50 a 70 micras, también en algunos lugares se observa alteración a cerisita; Microclina anhedral y entre 50 y 70 micras, y también se observa algunas veces maclas de pertita; Muscovita fibrosa con tamaños de 50 a 150 micras; y en baja proporción hematita; las muestras presenta una selección moderada y .

Las placas contiene lodo calcáreo (Calcita y Siderita) y cemento calcáreo, las descripciones más importantes de cada placa se realizan en la Tabla 9 y las fotografías petrográficas en la Figura 3. Texturalmente se clasifican por los diagramas de folk de (1974) como lodolitas y arenas lodosas, y se presentan los porcentajes por un conteo de 200 puntos (Tabla 7 y Tabla 8), composicionalmente se clasifican por el diagrama de clasificación de rocas sedimentarias con porcentajes variables de detríticos (Albouin et al. 1981) (Figura 2).

Tabla 7. Porcentajes del conteo realizado para cada muestra. Cm: Cemento, Mx: Matriz y Por: Poros.

| Muestra | Total Puntos | Armazón | Cm+Mx+Por | Fragmentos de Armazón Normalizados (%) | | | | | |
|---------|--------------|---------|-----------|--|-----|----|-----|----|-----|
| | | | | Qmo | Qmr | Fk | Fpl | Li | Mus |
| CR-10 | 200 | 44 | 56 | 23 | 41 | 10 | 12 | 0 | 14 |
| CR-11 | 200 | 40 | 60 | 12 | 38 | 11 | 23 | 0 | 16 |
| CR-12 | 200 | 46 | 54 | 24 | 41 | 10 | 15 | 0 | 10 |
| CR-13 | 200 | 39 | 61 | 17 | 50 | 6 | 10 | 8 | 9 |

Tabla 8. Porcentajes para clasificación de placas, Qt: Cuarzo total, F: feldespatos, Lt: Liticos totales.

| Muestra | Composición Modal | | | Muscovita | Circón |
|---------|-------------------|----|----|-----------|--------|
| | Qt | F | Lt | | |
| CR-10 | 64 | 22 | 0 | 14 | tr |
| CR-11 | 50 | 34 | 0 | 16 | tr |
| CR-12 | 65 | 25 | 0 | 10 | tr |
| CR-13 | 67 | 16 | 8 | 9 | tr |

Tabla 9. Descripción y clasificación de muestras por petrografía.

| Muestra | Predominancia | | | Descripción | Clasificación | |
|---------|---------------|------|------|---|---------------|-----------------|
| | Lod. Cal. | Lod. | Cem. | | a | b |
| CR-10 | x | | | Presenta minerales de cuarzo, plagioclasa, microclina y muscovita. Y predomina el lodo calcáreo. | Marga arenosa | |
| CR-11 | x | | x | Presenta minerales de cuarzo, plagioclasa, microclina y muscovita. Y se distinguen partes con predominancia de Lodo calcáreo, y el contacto con los lugares con predominancia de Cemento calcáreo. | Marga arenosa | Esparita |
| CR-12 | x | | x | Presenta minerales de cuarzo, plagioclasa, microclina y muscovita. Y se distinguen partes con predominancia de Lodo calcáreo, y el contacto con los lugares con predominancia de Cemento calcáreo. | Marga arenosa | Esparita |
| CR-13 | x | x | | Presenta minerales de cuarzo, plagioclasa, microclina, muscovita y hematita. En una parte se presenta predominancia lodo siderítico con hematita y en la otra se presenta cemento silíceo con fragmentos líticos ígneos, y algo se lodo siderítico. | Arena margosa | Arenisca lodosa |

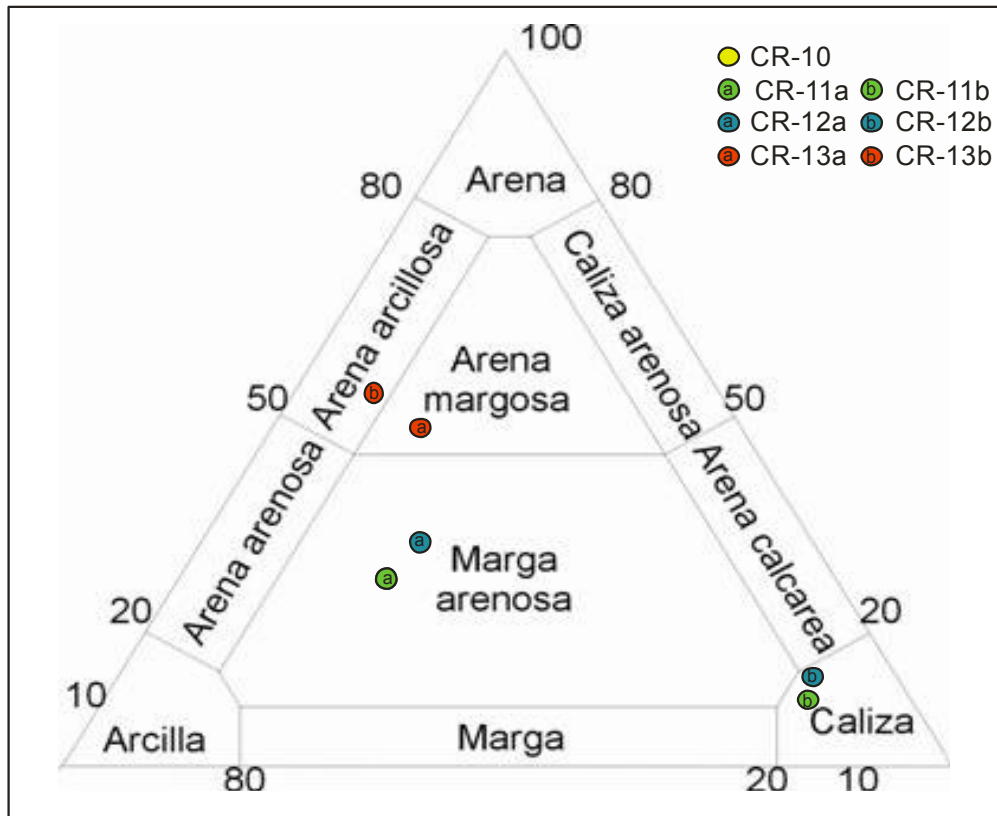


Figura 2. Clasificación de rocas, por diagrama de clasificación de rocas sedimentarias con porcentajes variables de detríticos encontrada en Albouin et al. (1981).

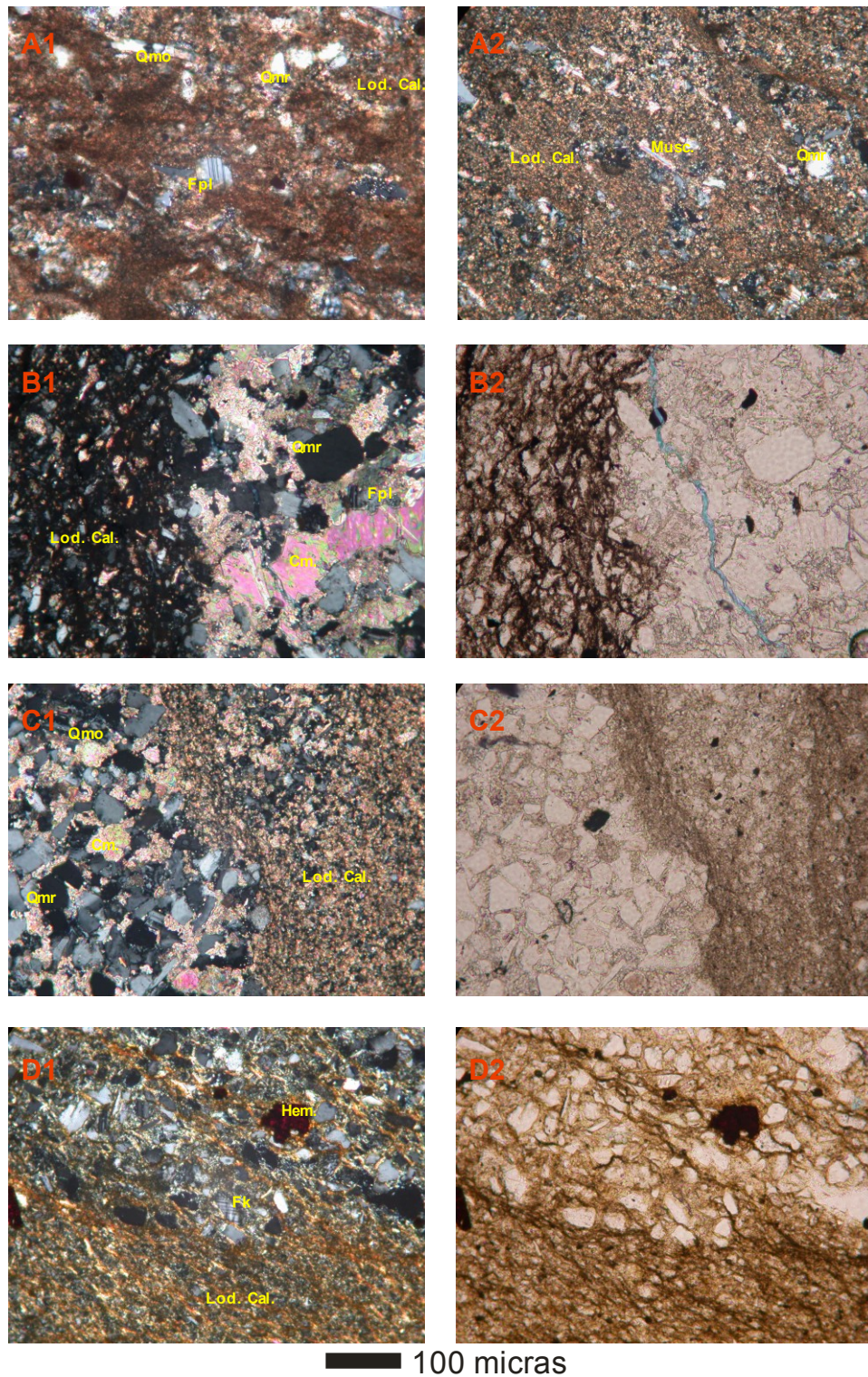


Figura 3. Secciones delgadas pulidas, A1 y A2: CR-10, B1 y B2: CR-11, C1 y C2: CR-13, D1 y D2: CR-14. Qmo: Cuarzo monocristalino con extinción ondulosa, Qmr: Cuarzo monocristalino con extinción recta, Fpl: plagioclasa, Fk: feldespato potásico, Lod. Cal.: lodo calcáreo, Cm.: Cemento, y Hm: hematita.

Las imágenes de catodoluminiscencia muestran circones euhedrales tienen formas prismáticas y zonación, anillos de crecimiento, de tamaños entre 100 y 200 micras; y otros circones con redondeamiento, de 100 a 50 micras, tanto por el poco contenido de Uranio y por ser de tamaño pequeño se ven negros, estos circones también presentan tanto zonaciones, como núcleos y anillos. Los datos de geocronología U/Pb permiten realizar diagramas de concordia, se genera uno general en donde se observan tres poblaciones de circones una a 1100 M.a, a los 300 a 280 M.a. y la más joven a los 200 a 180 M.a. (Figura 5), el segundo se observa que la población de presenta con mayor claridad las dos poblaciones de entre 180 y 200 M.a., y la otra entre 250 y 300 M.a. (Figura 6).

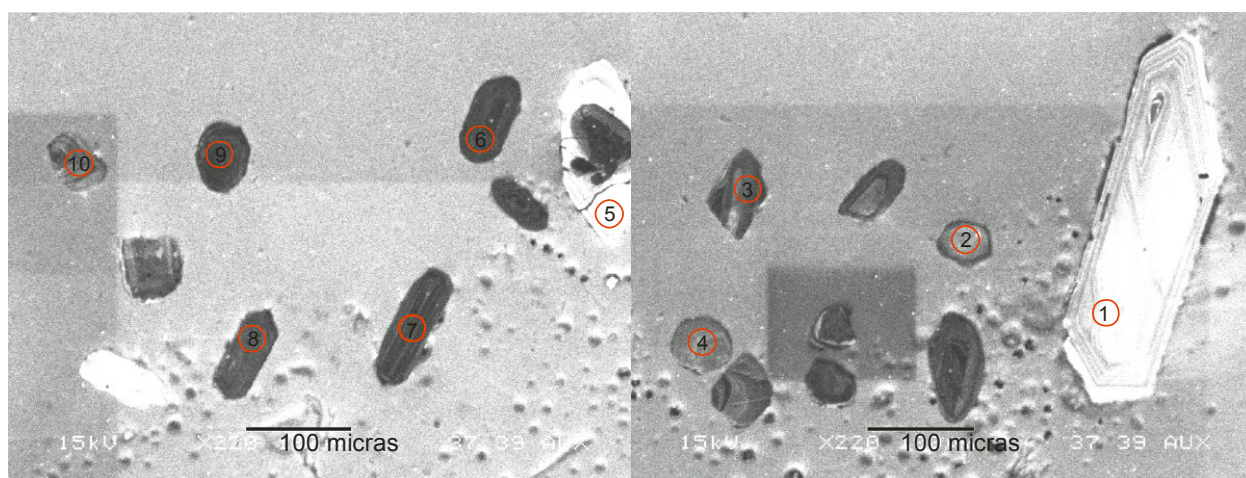


Figura 4. Catodoluminiscencia de Circones, donde se encuentra el lugar y la numeración de cada cristal, para la datación U/Pb. En los circones 1, 7, 8 y 10 se observa los anillos de crecimiento en cristales euhedrales, con formas prismáticas, en el circón 2, 4 y 9 cristales redondeados con núcleos y centro y anillos, y el circón 5 muestra dos eventos de generación.

Tabla 10. Datos de geocronología U/Pb, los datos tachados son los que tiene un error de edad muy grande y no contribuyen con el análisis.

| Muestra/ Circón | 7/5 ratio | ±(%) | 6/8 ratio | ±(%) | Err.corr | 6/8 age | ±(Ma) | 6/7 age | ±(Ma) |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| CR12-1 | 0.201356 | 99.44292 | 0.028704 | 2.120001 | 0.021319 | 182.4292 | 3.81329 | 235.3108 | |
| CR12-2 | 0.342527 | 7.221911 | 0.044735 | 0.730001 | 0.101081 | 282.1182 | 2.015051 | 433.6818 | 160.2157 |
| CR12-3 | 0.524406 | 4.115089 | 0.058508 | 3.59 | 0.872399 | 366.5473 | 12.79194 | 774.4902 | 42.32148 |
| CR12-4 | 2.007965 | 3.70526 | 0.187161 | 1.990013 | 0.537078 | 1105.977 | 20.22465 | 1142.029 | 62.13467 |
| CR12-5 | 0.190159 | 23.83216 | 0.0263 | 2.530003 | 0.106159 | 167.3493 | 4.179458 | 304.6105 | 546.7939 |
| CR12-6 | 1.067609 | 36.0827 | 0.039727 | 18.13 | 0.502457 | 251.1389 | 44.6567 | 2784.002 | 525.8538 |
| CR12-7 | 0.45962 | 4.672564 | 0.040505 | 0.780001 | 0.166932 | 255.9612 | 1.957383 | 1252.608 | 90.18245 |
| CR12-8 | 0.619136 | 19.12735 | 0.055844 | 3.440001 | 0.179847 | 350.3034 | 11.72889 | 1207.059 | 373.7892 |
| CR12-9 | 0.514604 | 357.2457 | 0.012388 | 351.9 | 0.985036 | 79.36749 | 277.7537 | 3476.808 | 1355.633 |

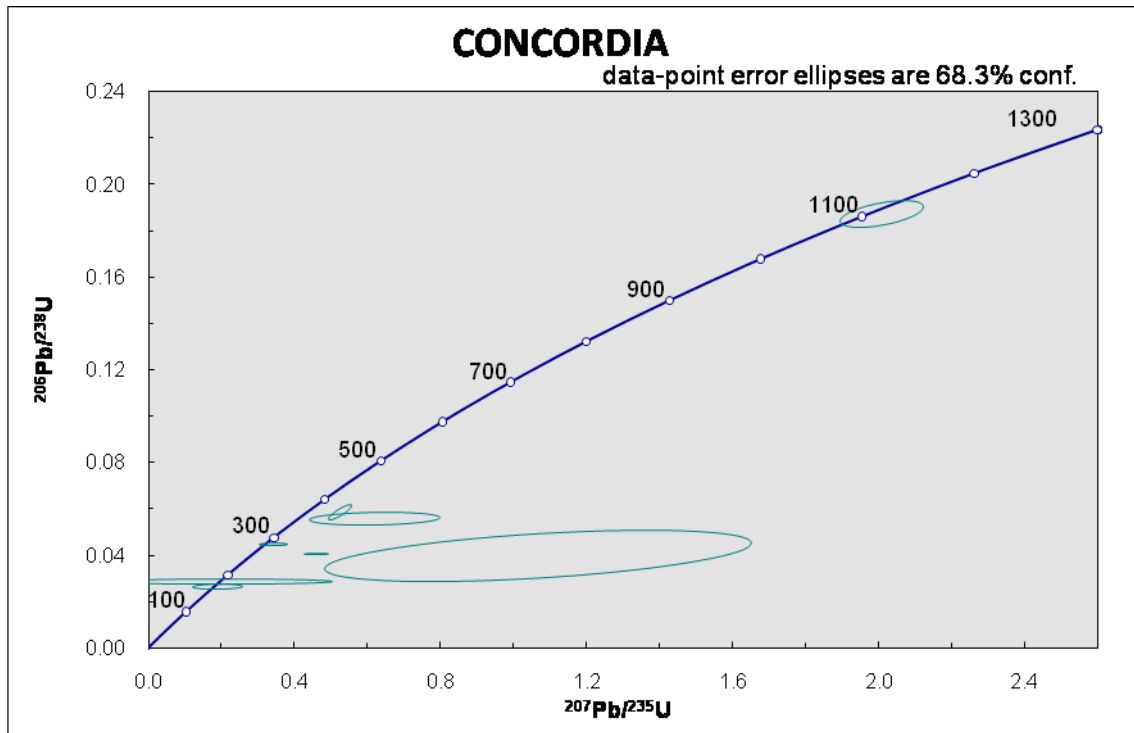


Figura 5. Diagrama de la concordia general, para todos los datos, 3 poblaciones, 1) 180 M.a., 2) 280 M.a. y 3) 1100 M.a.

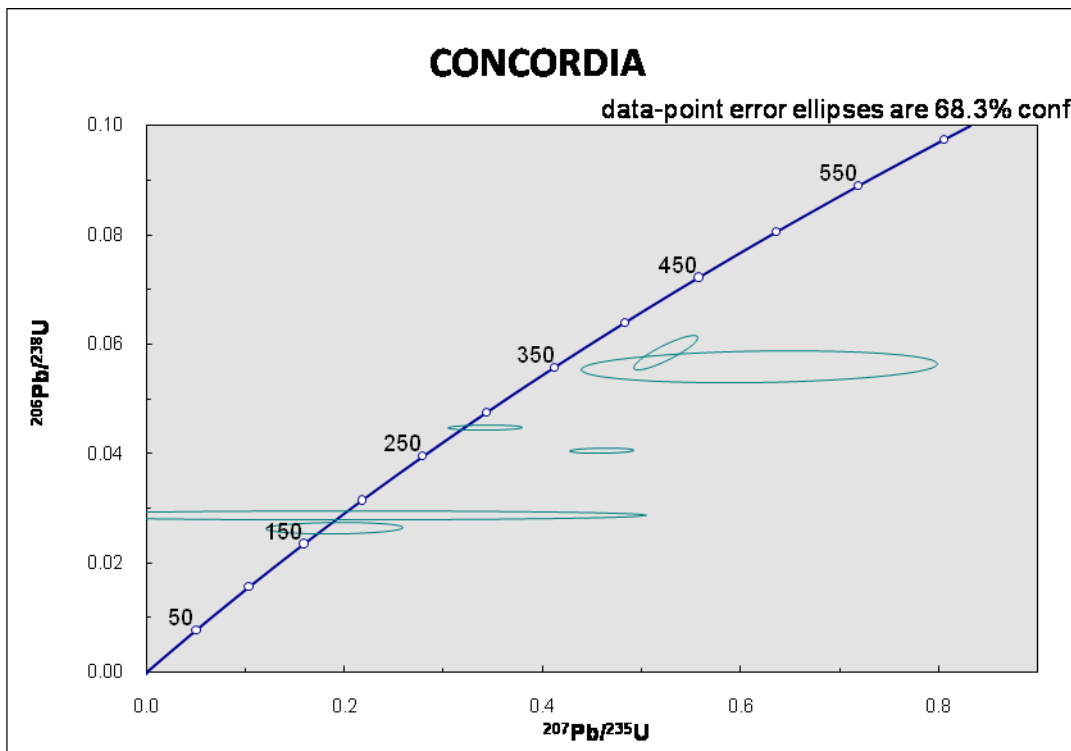


Figura 6. Diagrama de la concordia entre los 600 M.a. y presente, donde se observan las dos poblaciones la primera entre 150 y 200 M.a. y la segunda entre 250 y 300 M.a.

DISCUSION

La petrografía muestra minerales dominantes de cuarzo, plagioclasa, microclina y muscovitas, estos dos últimos no se generan en rocas extrusivas, además no se observa bahías en los cristales de cuarzo o feldespatos y la presencia de vidrio es nula, por lo que estas rocas que Geoestudios (2006) clasifica como tobas no presenta características suficientes para esta clasificarlas dentro de esta litología, además la presencia del alto contenido de carbonato en las muestras, ya sea en forma de lodo o cemento, clasifica esta rocas dentro de calizas. La fuente de estos sedimentos de acuerdo a la mineralogía posiblemente sea de cuerpos ígneos graníticos, que no se encontraban no muy lejos del lugar de depositación, debido a la baja madures textural de los sedimentos. Por medios de las imágenes de catodoluminiscencia se observa eventos tectónicos en los circones, gracias a la evidencia de zonaciones, en la mayoría de ellos, se infiere que es un crecimiento ígneo, y que los circones con núcleos y anillos evidencia un crecimiento diferenciado y que posiblemente que presenten eventos metamórficos que los afecta; para la geocronología U/Pb, se distingue que en las dataciones concordantes las edades más viejas fueron las que se realizaron en los circones que presenta un redondeamiento y las más jóvenes son las que se realizaron en los circones con facetas angulares.

Las 3 poblaciones de circones que se dan por medio de los datos de la geocronología, las cuales obedecen a eventos tectónicos en donde se da la producción de circones; cuerpos ígneos de estas edades se encuentra en el Macizo de Santander y en Venezuela, en los Andes de Mérida y la parte norte.

La población con circones más viejos de edades de 1100 M.a., Mezoproterozoico en donde se da la orogenia Grenviliana y la formación de Rodinia, estos circones posiblemente provienen del granito de Santa Rosalia en Venezuela o del Neis de Bucaramanga en Colombia, compuesto por paraneises cuarzo feldespáticos, hornbléndicos, micáceos y granatíferos con cantidades subordinadas de anfibolitas, de edad K/Ar en horblenda de 945 ± 40 M.a. reportada por Ward et al. (1973).

Los circones de edad intermedia de edad de 280 M.a. Pérmico Temprano en donde se da la Orogenia Herciniana y la formación de Pangea, tendría una proveniencia de lo que en Venezuela

se llama la región del Baul en donde se encuentra el Granito alcalino del El Baúl cuya edad es de 270 ± 10 M.a. (K/Ar) y 287 ± 10 (Rb/Sr) (Feo codecido 1963 y Martín b. 1968, en Gonzalez et al. 1980).

Los circones más jóvenes de edades de 180 M.a, Jurásico Medio, evidencia de la separación de Pangea y la generación de cuerpos plutónicos en la parte norte del continente suramericano, como el Granito De El Carmén, con edades (K/Ar) en biotita de 196 ± 10 M.a.(Olmata en Gonzalez et al. 1980) y (Rb/Sr) en biotita de 200 ± 25 M.a. (Burkley 1967 en Gonzalez et al. 1980) compuesta por cuarzo, feldespato, biotita y muscovita de grano medio, el Granito de Timotes con edades de 181 ± 9 M.a. (Burkley 1976 en Gonzalez et al. 1980) y Granito De Las Lajas con composición de cuarzo, feldespato y micas, y en el Macizo Santander el Batolito de Río Negro (177 ± 6 , K/Ar en Biotita), Batolito de Mogotes (193 ± 6 , K/Ar en Biotita), Batolito de Santa Bárbara (194 ± 7 , K/Ar en Biotita) y Cuarzomonzonita La Corcova (195 ± 7 , K/Ar en Muscovita) Ward *et al.* (1973). Y estas edades también permiten establecer que la depositación de estas rocas de la parte superior de la Formación La Quinta se dio después del Jurásico medio, y establece como posible edad de depositación para toda la unidad de Jurásico Medio a Tardío.

CONCLUSIONES

- Las rocas descritas como tobas en el Arroyo Alberto por Geoestudios (2006), petrográficamente en este trabajo se clasifican con margas arenosas, esparitas, y arenitas lodosas. De acuerdo con el contenido mineral de las rocas la fuente debió ser cuerpos ígneos de composición ácida a intermedia, que no se debieron encontrar muy lejos de la cuenca, en el Macizo de Santander y Los Andes de Mérida, generados entre el Mesoproterozoico, el Pérmico Temprano y el Jurásico Medio. Y posterior a la depositación de estos sedimentos se da el reemplazamiento de la sílice por el carbonato, por esto la Formación La Quinta en el Arroyo Alberto (Colombia) hacia el tope presenta sedimentos calcáreos, a diferencia que en Venezuela.

- Debido a la clasificación petrográfica y a los resultados de la geocronología de los circones en las rocas de la sección del Arroyo Alberto, se concluye que las muestras estudiadas corresponden a la parte superior de la Formación La Quinta, y de acuerdo a la descripción petrográfica, presenta una mineralogía similar a la de la Formación Río Negro en sus litologías más finas, donde predominan cuarzos, feldespatos y micas dentro matriz de lodo calcáreo, y la evidencia de que en campo en la sección del Arroyo Alberto no se observo una discordancia entre la secuencia de margas y esparitas de la Formación La Quinta y la sucesión clástica de la Formación Río Negro, se propone que la secuencia cretácica en la Serranía del Perijá no presenta hiato estratigráfico con la secuencia Jurásica, y que las áreas de aporte, ubicadas en los Andes de Mérida y el Macizo de Santander, y las familias de circones del Mesoproterozoico, Pérmico y Jurásico Medio, son similares con los datos obtenidos en Nova (En prensa) para Formación Río Negro.
- Finalmente la geocronología detrítica U/Pb presenta datos del Jurásico Medio que además de evidenciar la separación de Pangea, permite concluir que la depositación de estas rocas debió ser posterior al Jurásico Medio, y que para este periodo y para el cretácico la paleogeografías no tuvo mayores variaciones para esta área al no cambiar las áreas fuentes para la Formación La Quinta y La Formación Río Negro.

AGRADECIMIENTOS

Poder realizar este trabajo debe sus agradecimientos a la Agencia Nacional de Hidrocarburos, por permitir utilizar su información, y corporación geológica ARES; al Profesor José María Jaramillo, por brindar su conocimiento y siempre estar dispuesto a nuevas ideas; al Dr. Uwe Martens, por su disposición para enseñar y querer compartir su conocimiento, a mi compañero Giovanni Nova, con quien hicimos este aprendizaje, y a mis amigos por brindarme buena energía; y muy especialmente a toda mi Familia, a mi Papá Raúl Montaño, a mi Mamá Luz Betty Cortes y Hermano Nicolás, por ser mi apoyo y compartir mis alegrías y tristezas, y a Carlos Quiñones por soportarme y brindarme toda su comprensión.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, A., & MORALES, C. J. (1999). Memoria Explicativa Mapa Geológico del Generalizado Departamento del Cesar. INGEOMINAS. 89p. Bogotá.

BENEDETTO, G. y O. ODREMAN. (1977). Nuevas evidencias paleontológicas en la Formación La Quinta, su edad y correlación con las unidades aflorantes en la Sierra de Perijá y Cordillera Oriental de Colombia: Mem. V Cong. Geol. Ven., 1: 87-106.

BARRETT, M.; BUTLER, R.; NOVAS, F.; MOORE-FAY, S.; MOODY, J.; CLARK, J.; y SÁNCHEZ-VILLAGRA, M. (2008). Dinosaur remains from the La Quinta Formation (Lower or Middle Jurassic) of the Venezuelan Andes. *Paläontologische Zeitschrift*, Vol. 82/2, p. 163–177.

CÁCERES, H.; CAMACHO, R.; REYES, J. (1980). Guide book to the geology of the Ranchería Basin. Soc. Col. Geol. Geofís. Petr.

CÁCERES C.; MOLINA, J. & BERNAL, J. (1981). Informe Geológico Final Pozo: El Molino 1X. Reporte interno de ECOPETROL S.A., 77 p.

GARCÍA, F.; S. GHOSH; F. RONDÓN; I. FIERRO; M. SAMPOL; G. BENEDETTO; C. O. ODREMAN; T. SÁNCHEZ y A. USECHE. (1980). Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretáceo de Los Andes venezolanos. *Bol. Geol.*, Caracas, 12(26): 3-88.

GARCÍA, C. (1990). Proyecto Cesar Ranchería. 1:144 p. ECOPETROL – ICP. Piedecuesta. Santander.

GEOESTUDIOS, LTDA. (2006). Cartografía Geológica Cuenca Cesar – Ranchería, Informe Final. p. 95.

GOVEA, C. & DUEÑAS, E. (1975). Informe geológico preliminar de la Cuenca del Cesar. *Ecopetrol. Informe 390*, pp. 37. Bogotá.

GONZÁLEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE DE AROZENA, J. M., y PICARD X. (1980). Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Eds. Foninves, Caracas, 1031 p.

HEDBERG, H.D. (1931). Cretaceous Limestone As Petroleum Source Rock In Northwestern Venezuela. *Bull. Am. Ass. Petr. Geol.*, 15(3):229 – 244. Tulsa.

HERNANDEZ, M. (2003). Memoria Explicativa Geología plancha 48 Jagua de Ibirico. Esc 1:100000 INGEOMINAS. p 103.

KÜNDING, E. (1938). The Pre-cretaceous rocks of the Central Venezuelan Andes with some remarks about the tectonics. *Serv. Tecn. Min. Geol. Venezuela. Bol. Geol. Min.* 2(2-4):21-43. Caracas.

LILL, R. y NUGENT, J. (1950). Geology of the East Cesar Valley. Tropical Oil Comp. Geol. Report 1009. 55 p. Bogotá.

MAZE, W. B. (1984). Jurassic La Quinta formation in the Sierra Perijá, northwestern Venezuela: geology and tectonic environment of red beds and volcanic rocks. In: Bonini, W.e., Hargraves, R.B., Shagam, R.(Eds), The Caribbean-South American Plate Boundary and Regional Tectonics. Geological Society of America Memoir 162, pp 263-282.

NOVA, G. (En prensa, 2009). Identificación De Las Áreas De Aporte De Los Sedimentos Aflorantes Del Cretáceo Temprano En La Serranía Del Perijá. Trabajo de Grado, Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

ODREMAN, O. E. y S. GHOSH, (1980). Estudio paleoambiental - paleontológico de facies de la formación La Quinta, cerca de Mérida. Bol. Geol. (Venezuela), 14(26): 89-104.

PINDELL, J. L. & KENNAN, L. (En prensa 2009). Tectonic evolution of the Gulf of Mexico, Caribbean and northern South America in the mantle reference frame: an update. In: James, K., Lorente, M. A. & Pindell, J. (eds) The geology and evolution of the region between North and South America. Geological Society of London, Special Publication.

RIVERA, F. G. (1998). Informe Geológico Final Pozo Compae-1. Geocast Ltda. 110p. Bogotá.

SCHUBERT, C. (1986). Stratigraphy of the Jurassic La Quinta Formation, Mérida Andes, Venezuela: type sections Z. Deut. Geol. Ges., 137: 391-411.

SCHUBERT, C.; SIFONTES, R. S.; PADRÓN, V. E.; VÉLEZ, J. R. , J. R. y LOAIZA, P. A., (1979). Formación La Quinta (Jurásico), andes merideños: geología de la sección tipo. Acta Cient. Venez., 30: 42-55.

TSCHANZ, C. M., JIMENO, A. & CRUZ, J. (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area (Colombia). Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, Informe 1829. 305 p.

TRUMPY, D. (1949). Geology of Colombian. GA Report No. 23323. Bogotá.

USECHE, A. y FIERRO I. (1969). Geología de la región de Pregonero, estados Táchira y Mérida. Mem., IV Cong. Geol. Venez., II: 963-998.

WARD, D., GOLSMITH, R., CRUZ, J. AND RESTREPO, H. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12, Bucaramanga y H-13, Pamplona, Depto. de Santander. Boletín Geológico Ingeominas, Bogotá, 21 (1-3): 1-132.}

ALBOUIN, J., BROUSSE, R., LEHMAN, J. (1981). Petrología. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.