



CARACTERIZACION PETROGRAFICA Y GEOCRONOLOGIA DETRITICA DE LAS ROCAS AFLORANTES EN EL ARROYO ALBERTO (SERRANÍA DEL PERIJÁ), INFRA YACIENTES A LA FORMACION RIO NEGRO

Paola Catalina Montaño C.

José María Jaramillo

Director de Trabajo de Grado, Departamento de Geociencias,
Universidad Nacional de Colombia.

Uwe Martens Codirector.

RESUMEN

En el Flanco Occidental de La Serranía del Perijá (Colombia), sobre el Arroyo Alberto, en estudios anteriores se describen tobas soldadas a rocas violáceas a grises, que se han catalogado dentro de la Formación La Quinta, unidad volcanosedimentaria con una sucesión de sedimentos rojos e intercalaciones de material piroclástico, de edad Jurasica y obedece a 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 80 metros, las cuales petrográficamente se clasifican como margas, esparitas, areniscas lodosas, con minerales de muscovita, plagioclasas (Labradorita), cuarzos y feldespato potásico (microclina), y alteraciones de cercita, en 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 las muestras se separaron los circones y se les realiza catodoluminiscencia a 50 circones de cada muestra, estos presenta en su mayoría zonaciones que pertenecen a un evento ígneo; y por medio de la geocronología por U/Pb, con LA-ICP-MS de la Universidad de Arizona, en 10 Circones detríticos de una muestra, se obtuvieron edades desde el Proterozoico a Jurasico, y una edad de importancia correspondiente al Jurasico Medio. Se concluye que estos sedimentos se depositaron después del Jurasico Medio, y que la descripción realizada en estudios anteriores para las rocas encontradas en el Arroyo Alberto no pertenecen a la Formación La Quinta, ya que no tiene relación con la unidad que se describe para Venezuela, y estas rocas pertenecen al miembro inferior de lo que se ha denominado en esta área como Formación Río Negro.

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

ABSTRACT

In the western flank of the Serranía del Perijá (Colombia) on Alberto Arroyo, in previous studies are welded tuffs violet to gray rocks, which have been cataloged in the La Quinta Formation, vulcano- sedimentary unit with a succession of red sediments and intercalations of pyroclastic material of Jurassic age is due to a tectonic distensiva due to 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 80 meters, which are classified as petrographic in marls and sparstone, muddy sandstone, with minerals muscovite, plagioclase (Labradorite), quartz and potassium feldspar (microcline) and alterations of sericite in angular shapes and sizes between 62.5 µm to 100 µm, and differs in some parts replacement of silica by carbonate.

The zircons of the samples were separated and performed cathodoluminescence in 50 zircons from each sample, they show that the majority belong to a zoning igneous event, and through the geochronology by U / Pb, LAICP-MS of the Arizona University in 10 detrital zircons from a one sample, ages were obtained from the Proterozoic to Jurassic, and an age of importance for the Middle Jurassic. It conclude that these sediments were deposited after the Middle Jurassic, and that the description in previous studies to rocks found in the Arroyo Alberto outside the La Quinta Formation, which has no relation to the unit as described in Venezuela, and these rocks belong to the lower member of what has been called in this area as Río Negro Formation.

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

INTRODUCCIÓN

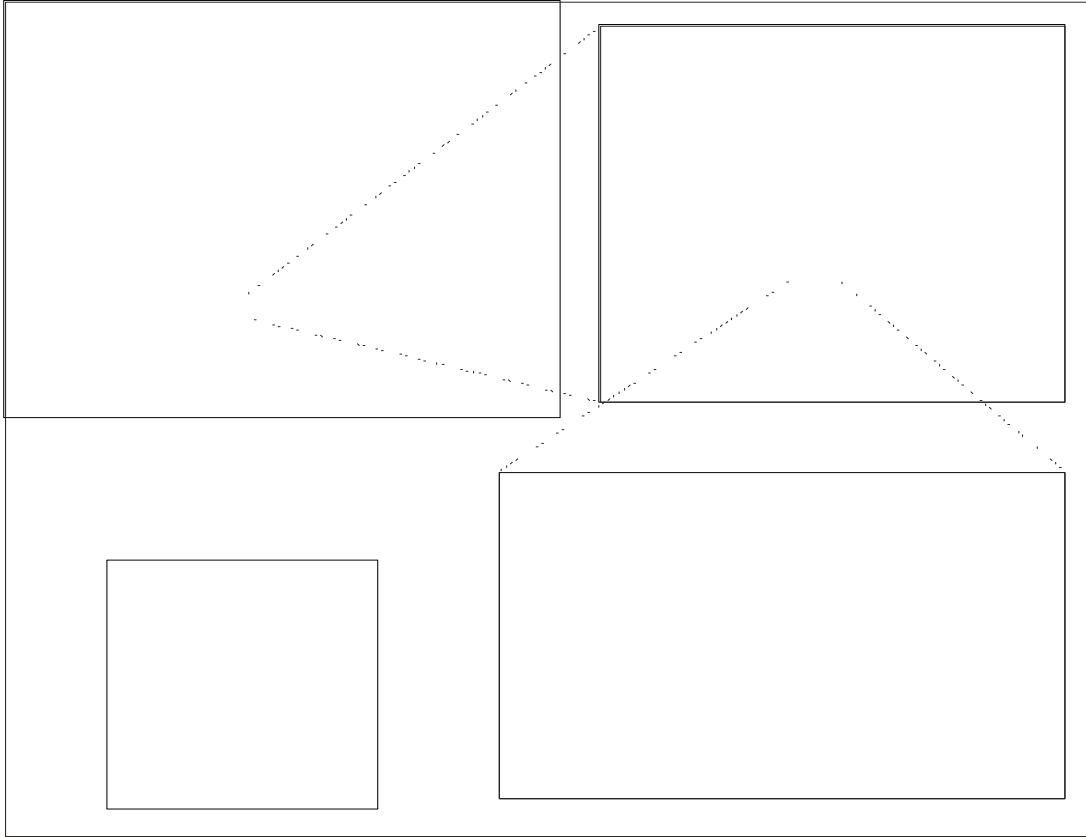


Figura 1. Localización de la zona, Sobre la Serranía del Perijá, el Arroyo Alberto, (Modificada de Geoestudios 2006).

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 Jurasico 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 trezados 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 y así mismos se presenta una edad para estas rocas, y 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 Jurasico hasta el Terciario, y en este trabajo se enfatiza las unidades estratigráficas ubicadas entre el Jurasico y el Cretácico Medio.

Para el Jurasico, 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 Jurasico, 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 Jurasico 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)	Geostudios (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 inclinada, cruzada y capas que se acuñan.	Compuesta por tobas de ceniza, macizas, afaníticas de color rojo púrpura, y tobas soldadas con speudolaminacion, junto con lodolitas ligeramente calcáreas, y arenitas conglomeráticas a conglomerados matriz soportados, y en sectores localizados se encuentran interestratificaciones gruesas de lodolitas rojizas y arenitas arcósicas con estratificación cruzada.
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.	Hay venas de calcita y manifestaciones de malaquita. En ocasiones, esta unidad es atravesada por 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		

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 $122,5 \pm 7,7$ 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 de 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 vulcanosedimentaria.

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 Sicarare, al sur del Río Fernambuco entre Codazzi y Casacará; y Geoestudio (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 <i>et al.</i> (1980) estado Táchira	Hernández M. (2003)	Geoestudios (2006) Serranía del Perijá (Colombia)	Rivera F. G. (1998)
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. En la parte media se presentan horizontes de coloración rojiza. Los términos superiores de esta columna, están formados por capas de areniscas conglomeráticas; con estratos alternantes de poco espesor de lutitas y limolitas oscuras.	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.	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.	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.

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.

Formación Lagunitas

La Formación Lagunitas fue designada por Neelands (1922) en Lill R., y Nugent J. (1950), y pertenece al Grupo Cogollo. Su localidad tipo se encuentra en la Quebrada Jagüey cerca de la población de Lagunitas, en el valle del Río Ranchería, y según Hernández M. (2003) presenta un espesor promedio de 280m a 450m. En el pozo Compae-1 perforaron 268,4m (Rivera F. G. 1998), en el pozo el Molino-1X perforaron 527m, en el pozo Molino-1 perforaron 257m, en el pozo Papayal-1 perforaron 290m y en el pozo El Cerrejón perforaron 285m (Cáceres et al. 1981). La unidad aflora en el Arroyo Zarate, Arroyo Salatiel y la Quebrada Zumbador al oriente del Corregimiento de la Victoria de San Isidro y en el Arroyo El Caudaloso al suroriente de La Jagua de Ibirico.

Litológicamente, Hernández M. (2003), indica que está compuesta por calizas fosilíferas (biomicritas) en capas gruesas, algunas llegan a ser arcillosas de color gris claro a gris oscuro, interestratificadas con lutitas y margas de color blanco a gris. Las lutitas son parcialmente calcáreas y las margas son solubles (Cáceres et al. 1981), los fósiles en su mayoría son conchas de pelecípodos, gasterópodos, corales y amonitas. Gil A., y Martínez H. (1990) y Hernández M. (2003) asignan una edad Aptiano Tardío. El contacto con la Formación Rio Negro es transicional en algunas ocasiones, con la Formación La Quinta es erosivo de bajo ángulo y el contacto con la supra yacente Formación Aguas Blancas es transicional. Geoestudios (2006) describe calizas wackestone fosilíferos en capas muy gruesas tabulares, separadas por lodolitas calcáreas con niveles bioturbados. También se encontraron intercalaciones de mudstone y wackestone con bioclastos de bivalvos en capas gruesas y muy gruesas, tabulares, color gris, macizas internamente y con contactos ondulados, los fragmentos de conchas de bivalvos oscilaban entre 10 mm y 120 mm de diámetro, y en una menor proporción se encontraron niveles decimétricos de packstone fosilíferos y mudstone fosilíferos bioturbados. La unidad fue depositada en unas

condiciones de plataforma media a interior de un mar abierto rico en carbonatos y con relativa abundancia de materia orgánica (Cáceres et al. 1981).

Hernández M. (2003) la correlaciona con la Formación Apón en el área de Venezuela, con la Formación Tibú en el Catatumbo y con la Formación Paja en el área del Valle Medio del Magdalena. Gil A., y Martínez H. (1990) la correlacionan con la parte basal del Miembro Tibú (Concesión Barco), con la Formación Paja y la Formación Rosablanca en el Valle Medio del Magdalena y en Venezuela con la Formación Machiques.

METODOLOGIA

Se levanto una sección estratigráfica de 80 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), a las muestras se les hacen secciones delgadas pulidas que fueron observadas en el laboratorio petrográfico del departamento de Geociencias de la Universidad Nacional; separación de minerales pesados en el laboratorio de Apatit to Zircon Inc., y posteriormente se realiza los montajes de 50 circones, de cada una de las muestras, que fueron escogidos aleatoriamente, sin tener en cuenta color o forma, para realizar imágenes de catodoluminiscencia con la microsonda Jeol JSM- 5600LV Scanning Electrone Microscope de la Universidad de Stanford, y finalmente geocronología detrítica a 10 circones de una muestra por el método Uranio/Plomo con el LA-ICP-MS de la Universidad de Arizona, los datos obtenidos de la geocronología 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 mas 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 una rango mas 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	Feldespato potásico	Granos con macla microclina.
Fpl	Feldespato plagioclasa	Granos de relieve medio, con macla polisintética
Li	Líticos ígneos	Fragmentos con cuarzoes corroídos, policristalinos.
Musc	Mucosita	Laminas de mica blanca, con alta birrefringencia.

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

Código	Cálculos
Armazón	%Armazón = $(200 / (Qmo + Qmr + Fk + Fpl + Li)) * 100$
Cemento-matriz-poros	%Material Intersticial = $(\text{Cemento} + \text{Matriz} + \text{Poros} / \text{Total de puntos}) * 100$
Qt	%Cuarzo Total = $\%Qmr + \%Qmo$
F	%Feldespatos = $\%Fpl + \%Fk$
Lt	% líticos ígneos
Mus	%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 suhedrales 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. Textualmente 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 (Figura 2).

Tabla 7. Porcentajes del conteo realizado para cada muestra.

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.

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

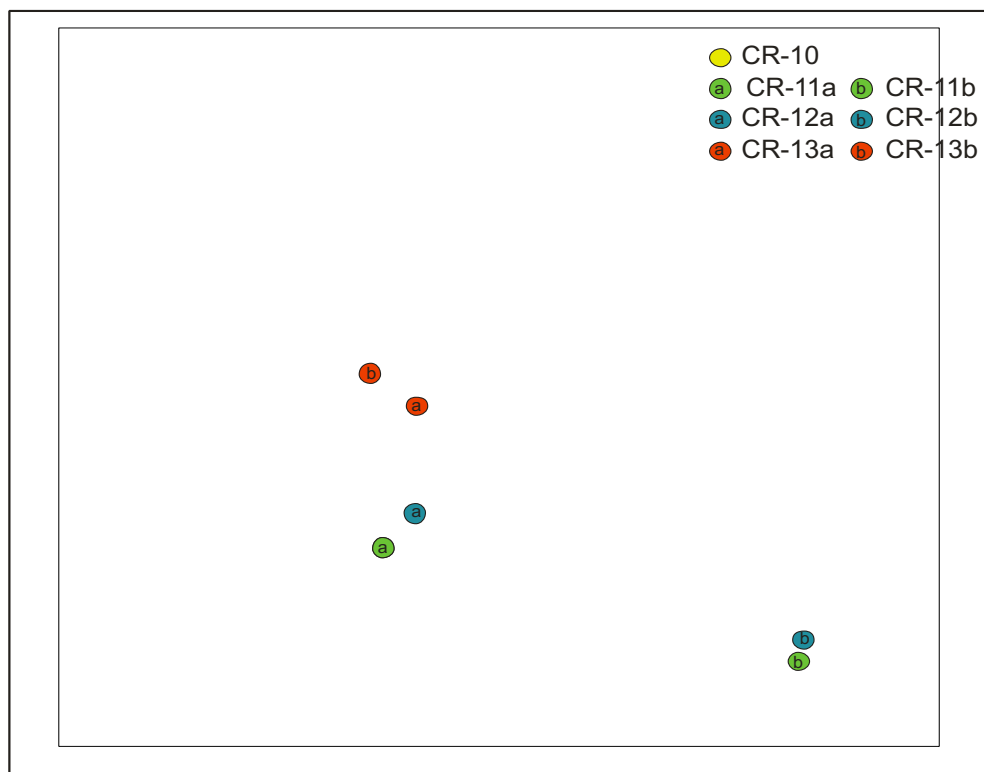


Figura 2. Clasificación de rocas, por diagrama de clasificación de rocas sedimentarias con porcentajes variables de detríticos.



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 monocrystalino con extinción ondulosa, Qmr: Cuarzo monocrystalino con extinción recta, Fpl: plagioclase, 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 dos poblaciones de circones una a 1100 M.a y otra no muy clara entre 450 y 100 M.a. (Figura 5), el segundo se observa que la población de 500 a 100 M.a, presenta una división una con circones entre 150 y 200 M.a., y la otra entre 250 y 300 M.a. (Figura 6).

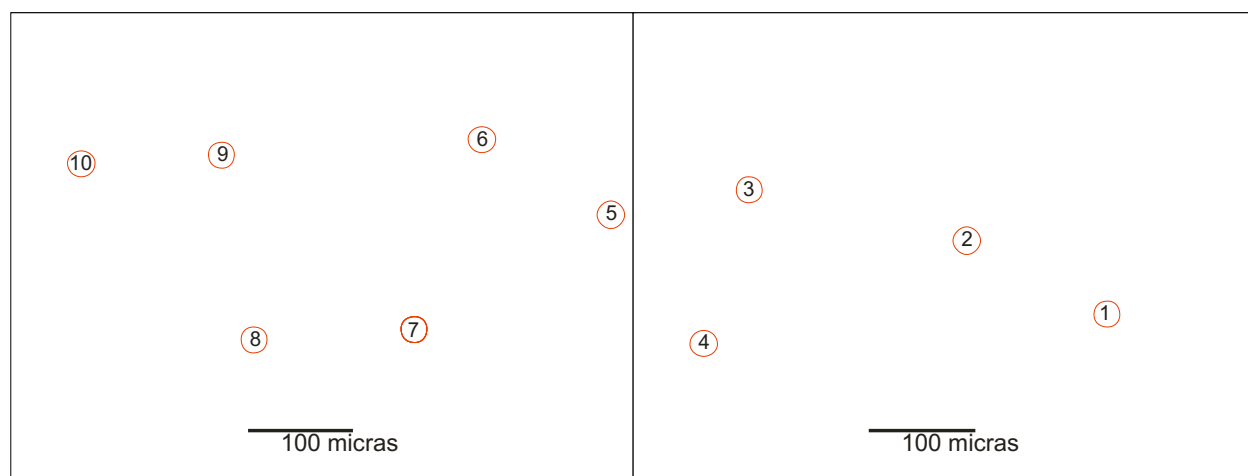


Figura 4. Catodoluminiscencia de Circones, donde se encuentra el lugar y la numeración de cada cristal, para la datación U/Pb. En los circones 1, 7, 8 y 10 se observa los anillos de crecimiento en cristales euhedrales, con formas prismáticas, en el circón 2, 4 y 9 cristales redondeados con núcleos y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

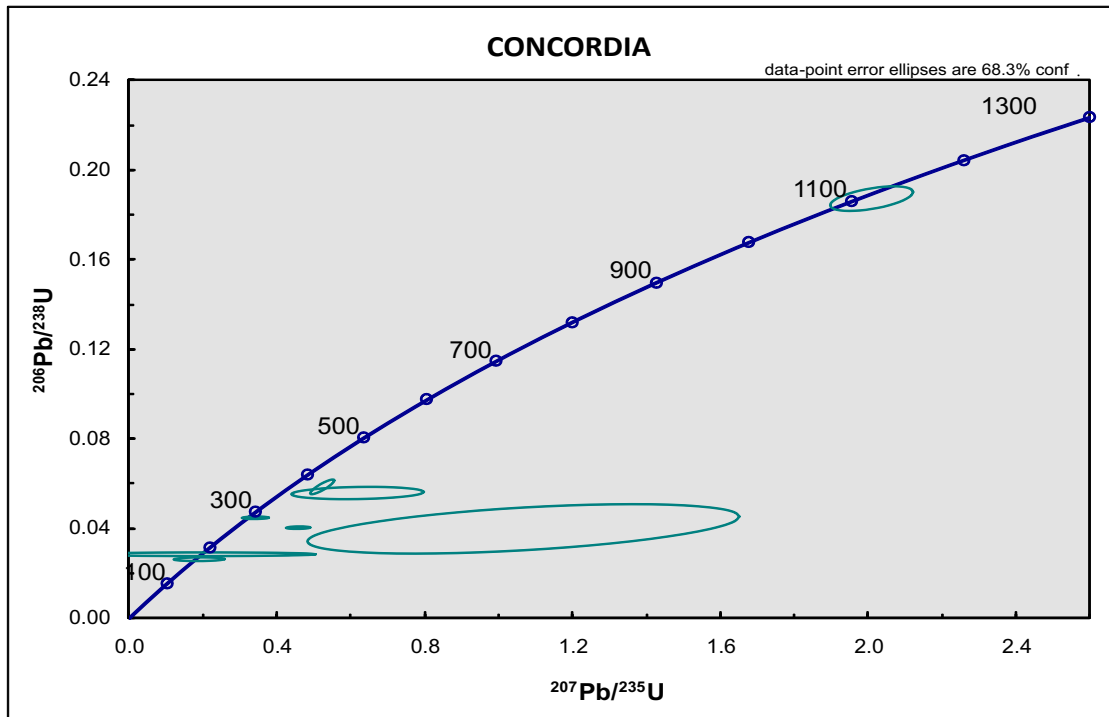


Figura 5. Diagrama de la concordia general, para todos los datos, 3 poblaciones, 1) 180 M.a., 2) 280 M.a. y 3) 1100 M.a.

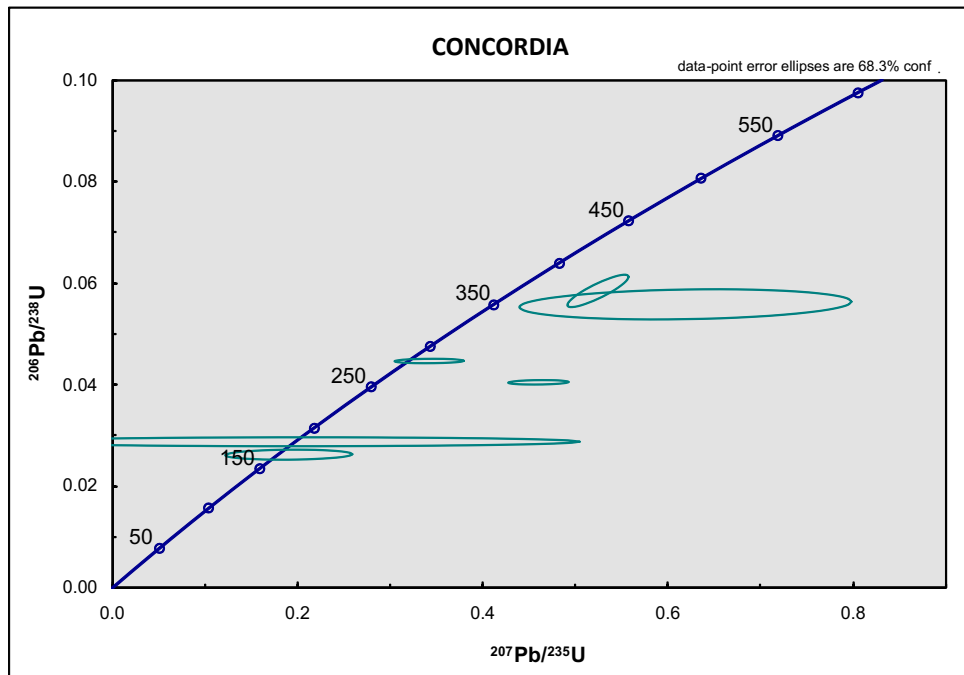


Figura 6. Diagrama de la concordia entre los 600 M.a. y presente, donde se observan las dos poblaciones la primera entre 150 y 200 M.a. y la segunda entre 250 y 300 M.a.

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 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 estas rocas dentro de calizas. La fuente de estos sedimentos de acuerdo a la mineralogía posiblemente sea de cuerpos ígneos graníticos, que no se encontraban muy lejos del lugar de depositación, debido a la baja madurez textural de los sedimentos.

Por medio de las imágenes de catodoluminiscencia se observan 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 evidencian un crecimiento diferenciado y que posiblemente presenten eventos metamórficos que los afectan; para la geocronología U/Pb, se distingue que las dataciones concordantes las edades más viejas fueron las que se realizaron en los circones que presentan 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, la población con circones más viejos es la de edades de 1100 M.a., Mezoproterozoico, en donde se da la orogenia Grenviliana y la formación de Rodinia; los circones de edad intermedia son los de edad de 280 M.a. Permiano Temprano en donde se da la Orogenia Herciniana y la formación de Pangea; y la de los circones más jóvenes de edades de 180 M.a. Jurásico Medio evidencia la separación de Pangea y la generación de cuerpos plutónicos en la parte norte del continente suramericano, estas últimas edades también permiten establecer que la depositación de las rocas aflorantes en el Arroyo Alberto y que se encuentra infra yaciendo a la Formación Río Negro, tiene una depositación post-Jurásico medio.

CONCLUSIONES

- Las rocas descritas como tobas en el Arroyo Alberto por Geoestudios (2006), petrográficamente en este trabajo se clasifican con margas arenosas, esparitas, y arenas 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 encontrarse muy lejos de la cuenca, y posteriormente a la depositación de estos sedimentos se da el reemplazamiento de la sílice por el carbonato.
- Debido a la clasificación petrográfica y a los resultados de la geocronología las rocas de la sección del Arroyo Alberto, no pertenecen a la Formación La Quinta, y posiblemente sean la parte inferior de la Formación Río Negro, ya que esta formación en las litologías finas, que se encuentran en la parte media y final de la estratigrafía de la unidad, presenta lodo y cemento calcáreo junto con una mineralogía similar con predominancia de cuarzo, feldespatos y micas, además de que en campo no se evidencia una discordancia entre la secuencia de margas y esparitas, y la sucesión clástica de la 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 a este periodo, es decir que su depositación probablemente se realizó para el inicio del Cretácico, y si estas rocas pertenecen a la secuencia inferior de la Formación Río Negro, la secuencia cretácica en la Serranía del Perijá se encontraría completa.

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.
- CÁCERES, H.; CAMACHO, R.; REYES, J. 1980. Guide book to the geology of the Ranchería Basin. Soc. Col. Geol. Geofis. Petr.
- CÁCERES C., MOLINA, J. & BERNAL, J. 1981: Informe Geológico Final Pozo: El Molino 1X. Reporte interno de ECOPETROL S.A., 77 p.
- GARCÍA, C. 1990. Proyecto Cesar Ranchería. 1:144 p. ECOPETROL – ICP. Piedecuesta. Santander.
- GOVEA, C. & DUEÑAS, E. 1975. Informe geológico preliminar de la Cuenca del Cesar. Ecopetrol. Informe 390, pp. 37. Bogotá.
- 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.
- GEOESTUDIOS, LTDA 2006. Cartografía Geológica Cuenca Cesar – Ranchería, Informe Final. p. 95.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C., J. M. Iturralde de Arozena, y X. Picard, 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., 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.

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. 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.; R. S. Sifontes; V. E. Padrón; J. R. Vélez, J. R. y P. A. Loaiza, 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.