

PROVENIENCIA DEL MATERIAL CLÁSTICO DEL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE Y SU RELACIÓN CON LOS COMPLEJOS ESTRUCTURALES ADYACENTES

Mario Moreno-Sánchez, Arley de J. Gómez-Cruz & Luz Mary Toro
Departamento de Ciencias Geológicas
Universidad de Caldas. Manizales
msanchez.mario@gmail.comU, arleygomez@caliescali.com

Recibido para evaluación: 20 de Noviembre de 2007 / Aceptación: 5 de Diciembre de 2007 / Recibida versión final: 5 de Diciembre de 2007

RESUMEN

El complejo Quebradagrande está constituido por una serie de bloques estructurales alineados norte-sur cuya característica común es poseer una asociación de sedimentitas marinas y un basamento oceánico de edad Cretácica Temprana. Este conjunto litológico está empotrado entre dos bloques con basamento metamórfico: el Complejo Arquía al Occidente y el Complejo Cajamarca al Oriente.

Una característica litológica del Complejo Quebradagrande, frecuentemente ignorada en los análisis de terrenos, es su carácter bimodal: con afinidad volcánica al oeste y continental al este. Los sectores más occidentales poseen material clástico conformado por andesitas, gabros, diabasas, tobas y rocas sedimentarias inmaduras; los bloques orientales (referidos frecuentemente a la "Formación Abejorral") poseen constituyentes de origen continental entre los que se incluyen esquistos y cuarcitas. Los datos son consistentes con la existencia de un bloque de origen continental que aportó detritos hacia la parte más oriental de la cuenca de Quebradagrande. Adicionalmente los datos no arrojan pruebas de la existencia de basamento metamórfico al occidente de esta cuenca; en su lugar se sugiere la presencia de un arco volcánico. Con esto se quita sustento a modelos que proponen que el Complejo Arquía se hallaba presente, con su conformación actual, al este del Complejo Quebradagrande durante el Cretácico Temprano.

PALABRAS CLAVE: Formación Quebrada Grande, Cordillera Central, Colombia.

ABSTRACT

The Quebradagrande Complex is constituted of a structural blocks group aligned north-south whose common characteristic is to have an association of marine sediments and oceanic substratum of Early Cretaceous age. This lithology set is embedded between two blocs with metamorphic substratum: The Arques Complex at west and the Cajamarca Complex at east.

A lithological feature of Quebradagrande Complex, often ignored in analyses of land, is its bimodal nature: volcanic affinity at west and continental at the east. The sectors most westerners have clastic material that are constituted of andesites, gabbros, diabasa, tuffs and sedimentary immature rocks; blocks east (often referred to the Abejorral Formation) have constituents of continental origin including shale and quartzite. The data are sound with the existence of a bloc of continental origin who contributed debris towards the easternmost part of the Quebradagrande basin. Additionally, the data do not show evidence of metamorphic substratum at west of this basin; instead suggested the presence of a volcanic arc. This removes the support models that suggest that the Arques Complex was present, with its current shape, at east of Quebradagrande Complex during the Early Cretaceous.

KEY WORDS: Quebrada Grande Formation, Cordillera Central, Colombia

1. INTRODUCCIÓN

El basamento en el Occidente Colombiano se caracteriza por la presencia de entidades litológicas heterogéneas con relaciones estructurales intrincadas y localmente afectadas por severo tectonismo. Con el empleo de unidades litodémicas (Maya and González, 1995; Nomenclature, 1983) se resolvió parcialmente el problema cartográfico que esta situación planteaba pero creó uno de las confusiones más persistentes de la Geología colombiana: la noción de que los complejos son equivalentes a unidades litoestratigráficas formales tales como miembro, formación y grupo (ver Hedberg, 1980). Uno de los efectos producidos por este error es la de reducir la historia de un Complejo a la historia de uno de sus constituyentes. Esta noción se basa en la presunción de unidad genética e histórica entre todos los constituyentes de un Complejo. Como veremos más adelante, esta idea de unidad canónica no es inocua por que da nacimiento a geo-mitos muy persistentes en la literatura geológica colombiana. Un geo-mito (sensu Dickinson, 2003) se construye cuando a partir de unos pocos datos se infiere un único modelo explicativo violando el espíritu del método de hipótesis múltiples de trabajo (Chamberlin, 1897). Una característica de este tipo de pensamiento es que privilegia los datos y conjeturas que apoyan una sola hipótesis ignorando selectivamente los datos contradictorios (Dickinson, 2003).

El Complejo Quebradagrande es la "unidad" más oriental del denominado Occidente Colombiano (sensu Moreno-Sánchez and Pardo-Trujillo, 2002). Aunque en esta "unidad" se incluyen entidades litológicas tectonizadas estas son suficientemente coherentes para ser representables en un mapa.

El Complejo Quebradagrande está constituido por varios litodemas entre los que se cuentan rocas ultrabásicas, básicas y sedimentitas de origen marino. El origen e historia de este Complejo no se puede separar de los Complejos colindantes: el Arquía al occidente y el Cajamarca al oriente.

A continuación mostraremos como el Complejo Quebradagrande está lejos de ser una entidad simple y mucho menos lo son los Complejos contiguos: Arquía y Cajamarca (Figura 1). También mostraremos como algunos datos geológicos que contradicen ciertos modelos de evolución del occidente colombiano se han ignorado sistemáticamente en trabajos publicados recientemente.

2. ¿QUÉ ES EL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE?

Las unidades litológicas que ahora son incluidas en el "Complejo Quebradagrande" tienen una larga historia que resumiremos brevemente. Como se puede notar las primeras descripciones se refieren a las rocas básicas y sedimentarias expuestas al occidente de Medellín. Grosse (1926) denominó "Formación Porfirítica" al conjunto de rocas volcánicas ácidas y básicas expuestas al norte de Arma y al oeste de Medellín.

Bürgl y Radelli (1962) utilizan el termino "Formación Abejorral" para referirse a las sedimentitas de edad Cretácica Temprana que afloran al oeste de la Población de Abejorral (Antioquia) y en la carretera entre San Felix y Marulanda (Caldas). La "Formación Abejorral" está constituida por lodolitas silíceas, cuarzoarenitas y conglomerados con guijos de cuarcitas.

Botero (1963) funda el termino "Formación Quebradagrande" y establece como sección tipo la que aflora a lo largo del curso de la quebrada Grande (afluente del río Medellín) al sur de la Estrella. Botero reconoció dos conjuntos: uno sedimentario y otro de "rocas verdes" equivalente al grupo de rocas llamadas por Grosse (1926) "formación de Porfiritas". Botero (opus cit.) dio una edad Cretácica Tardía a estos depósitos apoyándose en la presencia de Archaeolithothamnion y presumiendo correlación con depósitos similares del Grupo Dagua de Nelson (1957).

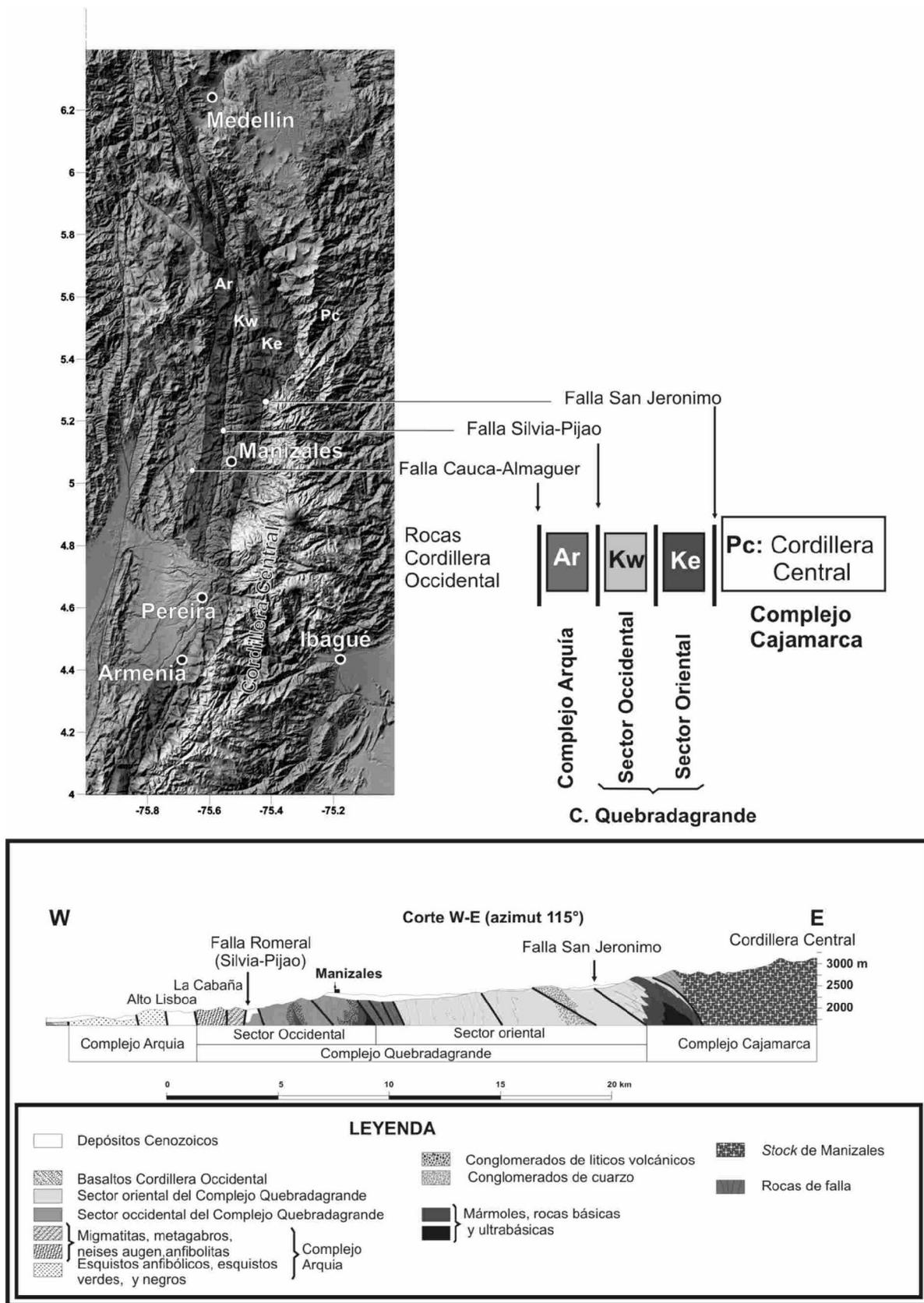


Figura 1. Modelo de elevación digital del terreno para la parte norte de la Cordillera Central. En tonos de grises se muestran los complejos Arquía y Quebradagrande. En la parte inferior se muestra un corte geológico a la latitud de Manizales.

Mosquera (1978) en la plancha K-8 emplea el nombre de "Complejo Metasedimentario Volcánico de Aranzazu-Manizales" para denominar las rocas sedimentarias y volcánicas cretácicas aflorantes al oeste de Manizales denominadas "Complejo metasedimentario de Aranzazu-Manizales" por Lozano et al. (1975). Mosquera (1978) dividió este complejo en dos unidades informales: miembro sedimentario correlacionable con la "Formación Quebradagrande" y un miembro volcánico equiparable con las "rocas verdes" de la Formación Quebradagrande (sensu Botero, 1963). Mosquera (opus cit.) sugiere que los sedimentitas cercanas a Neira (norte de Manizales) están más ligadas con la Formación Abejorral de Bürgl y Radelli, (1962) que con la Formación Quebradagrande.

González (1976) divide la "Formación Quebradagrande" en dos miembros: sedimentario y volcánico. Se incluye en esta formación las rocas aflorantes a los alrededores de Pacora (Caldas).

Álvarez (1987) aclara que la "Formación Quebradagrande", definida por Botero (1963) y ampliada por González (1980), no cumple con los criterios establecidos para el establecimiento de una unidad estratigráfica formal. Álvarez (1987) propone el cambio de estatus de la "Formación Quebradagrande" y la eleva a la categoría de Grupo para facilitar la cartografía y reconocimiento de la unidad. Algunos de los puntos que Álvarez cita como argumentos son: variación lateral rápida de cuerpos ígneos (derrames) y sedimentarios, contactos en su mayoría tectónicos, e inclusión de paquetes rocosos disímiles. Álvarez propone el nombre de "Complejo Ofiolítico de Pacora" para las rocas ultrabásicas y básicas de Pacora. Con base en datos geoquímicos, Álvarez (1987) sugiere que las rocas básicas y ultrabásicas del "Complejo Ofiolítico de Pacora" fueron generados en un centro de expansión oceánico (MORB) y los basaltos del "Grupo Quebradagrande" en un arco volcánico por su naturaleza calco-alcalina. Álvarez (1987) sugiere que las siliclastitas de la "Formación Abejorral", coetáneas con las del "Grupo Quebradagrande", se originaron en el margen de una plataforma continental. En su conjunto las rocas ultrabásicas, básicas y sedimentos asociados fueron interpretados como formados en un sistema arco-cuenca marginal-continente (Álvarez, 1987).

El término "Formación Valle Alto" (González et al., 1977) se aplicó a las sedimentitas que afloran entre San Felix (Caldas) y la hacienda Valle Alto, 8 Km. al este de la mencionada población. La abundante paleoflora presente en estos depósitos fue descubierta originalmente por Nelson (1957, p.71; Nelson, 1962, p.196) quien reportó una edad Cretácica temprana (Wealden) según material fósil estudiado por T. Van der Hammen. Sin embargo, con apoyo en una revisión de la flora realizada por Lemoigne (1984) se presentó la "Formación Valle Alto" como una unidad de edad Jurásico superior en la Cordillera Central (ver también González et al., 1977).

Rodríguez y Rojas (1985) demuestran que las llamadas "Formación Valle Alto" y "Formación Abejorral" no constituyen entidades estratigráficas y cartográficas definidas. Las dos "unidades" en realidad "no son más que una pila sedimentaria constituida por retazos con diferentes características faciales" (Rodríguez and Rojas, 1985). Estas "Formaciones", que afloran al este de Pácora y Salamina (Caldas), representan realmente una secuencia estratigráfica que ha sido desmembrada tectónicamente y donde en superficie se exponen diferentes niveles de enterramiento de la pila sedimentaria original. Por esto Rodríguez y Rojas (1985) rempazan los términos "Formación Valle Alto" y "Formación Abejorral" por el de intervalos estratigráficos-tectónicos Valle Alto, El Establo, y San Félix.

Los restos de plantas son localmente abundantes y en algunos niveles se asocian con moluscos fósiles que fueron estudiados por Etayo-Serna (1985). Los resultados mostraron que los depósitos en esta área no son más viejos que el Berriasiano y su rango alcanza el Albiano medio contradiciendo la edad Jurasica propuesta por González et al. (1977) y Lemoigne (1984). Posteriormente Vakhrameev (1991) revisa la lista de plantas reportadas por Lemoigne (1984) y manifiesta su desacuerdo con las conclusiones del mencionado autor ya que encuentra especies tales como *Sphenopteris* (*Ruffordia*) cf. *goeppertii* y *Cladophlebis exiliformis* cuyo rango reconocido de distribución es exclusivo del Cretácico Temprano, lo que confirma la edad deducida anteriormente por Etayo-Serna (1985). Pese a ésto, en la plancha 206 (Manizales), en la versión revisada por M. Maya y H. González, aún aparecía cartografiada la unidad "Formación Valle Alto" atribuyéndosele una edad Jurásica (ver Mosquera et al., 1998).

El reconocimiento de fósiles de edad Albiana al este de Manizales (Gómez-Cruz et al., 1995), en un sector donde se presumía afloraban únicamente rocas metamórficas paleozoicas (edad putativa), puso en evidencia la necesidad de usar criterios bioestratigráficos para separar las rocas mesozoicas de las paleozoicas en la Cordillera Central. Gómez-Cruz et al. (1995) reconocieron dos intervalos tectónicos en los alrededores de Manizales. El intervalo oriental, con fósiles de edad Albiana, se caracteriza por la presencia de cuerpos métricos de conglomerados con guijos de cuarcitas y fragmentos de rocas metamórficas. Secuencias espesas de lodolitas negras son comunes en ambos intervalos. El intervalo occidental se destaca por la presencia de niveles conglomeráticos donde los guijos son de rocas volcánicas (tobas, lavas andesíticas y basálticas). Las sedimentitas del intervalo oriental se interpretaron como el producto de sedimentación de material detrítico en abanicos submarinos cercanos al margen continental (Gómez-Cruz et al., 1995). El intervalo occidental registra la sedimentación de material volcanoclástico sobre un basamento oceánico (gabros y basaltos) afectado por intrusiones andesíticas (Gómez-Cruz et al., 1995). Nuevos datos geoquímicos presentados por Nivia et al. (1996; 2006) confirman los resultados obtenidos inicialmente por Álvarez (1987), donde el complejo Quebradagrande (en su parte occidental) representaría una cuenca marginal sometida a procesos volcano-sedimentarios asociados a un arco volcánico.

Es de resaltar que según Gómez-Cruz et al. (1995) en los conglomerados del intervalo oriental no se ha detectado ningún componente de origen volcánico, lo que sugiere que el margen continental, por lo menos a las latitudes de Medellín y Manizales, era de tipo pasivo tal como había sido sugerido por Nelson (1957). Sin embargo se resalta la presencia de cenizas volcánicas en los sedimentos finos en los dos intervalos (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2003; Rodríguez and Rojas, 1985).

La imposibilidad de establecer unidades litoestratigráficas formales al occidente de la Cordillera Central, dado que la mayor parte de los contactos entre entidades estratigráficas son realmente tectónicos, indujo a que Maya y González (1995) adoptaran el uso de unidades litodémicas para la cartografía en el occidente Colombiano.

Complejo: Puede ser denominado complejo una asociación o mezcla de rocas de dos o más clases genéticas, ej., ígneas, sedimentarias o metamórficas, con o sin una estructura altamente complicada.

Unidad litodémica: Cuerpo rocoso predominantemente intrusivo, altamente deformado y/o altamente metamorfoseado, reconocido y delimitado según características litológicas. En contraste con las unidades litoestratigráficas, la unidad litodémica generalmente no obedece las leyes de la superposición. Sus contactos con otras unidades rocosas pueden ser sedimentarios, extrusivos, intrusivos, tectónicos o metamórficos. North American Commission on Stratigraphic Nomenclature, (1983).

Según la comisión norteamericana de nomenclatura estratigráfica, el complejo es comparable a suite o supersuite que son unidades litodémicas de rango superior equivalentes a grupo y supergrupo. Un litodema es equivalente en rango a formación.

El documento presentado por Maya y González (1995) es una compilación del grupo de trabajo que participó en el primer Simposio de Geología Regional-Cordillera Central. En este trabajo se propone el nombre "Complejo Quebradagrande" para el conjunto de los litodemas volcánico y sedimentario que afloran entre las franjas metamórficas denominadas Complejo Arquía y Complejo Cajamarca.

Nivia, Marriner y Kerr (1996) y Nivia, Marriner, Kerr y Tarney (2006) incluyen en el complejo Quebradagrande entre otras las siguientes entidades: "Formación Quebradagrande", "Formación Valle Alto", "Formación Abejorral", "Complejo Metasedimentario Aranzazu-Manizales", Peridotitas de Liborina, Peridotita de Sucre, Gabros de Romeral, Complejo de Pácora, y Gabros de Pereira. De acuerdo con Maya y González (1995) el Complejo Quebradagrande queda limitado al occidente con el Complejo Arquía por la Falla Silvia-Pijao (Romeral en muchos trabajos), al oriente limita con el Complejo Cajamarca por la Falla de San Jerónimo.

El rango de edad deducido de los fósiles hallados en sedimentitas que se incluyen en el Complejo Quebradagrande, tanto del sector oriental como del occidental, indican un intervalo que va desde el Berriasiano hasta el Albiano (Botero y González, 1983; Etayo-Serna, 1985; Gómez-Cruz et al., 1995; González, 1980; Lemoigne, 1984; Vakhrameev, 1991).

El Complejo Quebradagrande está afectado por metamorfismo de facies zeolita, prhenita-pumpellita, y esquistos verdes (ej. Nivia et al., 1996). Además existen fajas de rocas afectadas por metamorfismo dinámico que a menudo son incluidas en el Complejo Cajamarca (Gómez-Cruz et al., 1995). El Complejo Quebradagrande queda entonces constituido por rocas metasedimentarias de origen marino (protolitos: hemipelagitas, arenitas arcósicas, cuarzoarenitas, chert, y conglomerados de variada composición), metavolcánicas (protolitos: tobas, andesitas, basaltos), y un basamento oceánico constituido por rocas ultrabásicas e intrusivos básicos (gabros y diabasas).

3 LOS COMPLEJOS ADYACENTES: ARQUÍA Y CAJAMARCA

El Complejo Arquía, situado entre las Fallas Silvia-Pijao y Cauca-Almaguer, está constituido por rocas metamórficas de origen ígneo y sedimentario (Maya y González, 1995). Las entidades litológicas incluidas dentro del Complejo para la región norte están: los Esquistos de Sabaletas, Esquistos anfibólicos del río Cauca, Grupo Arquía, Anfibolita Sausurítica de Chinchiná, Esquistos de Lisboa-Palestina, Neis de Chinchiná, Anfibolita Granatífera de Pijao, Complejo ígneo-metamórfico del río Rosario, Complejo Rosario, Grupo Bugalagrande, y Complejo Bolo Azul. Entre estas "unidades" se destacan verdaderos litodemas (ej. Anfibolita Granatífera de Pijao) y también suites o conjuntos de litodemas (ej. "Grupo Arquía", "Complejo Rosario"). El Complejo Quebradagrande y Arquía forman una estrecha faja situada en el margen occidental de la Cordillera Central y que se continúa al sur de Ecuador con el Complejo Alao-Guamote (Moreno-Sánchez and Pardo-Trujillo, 2003).

El Complejo Arquía es el conjunto más heteróclito del Occidente Colombiano, con protolitos ígneos, metamórficos y sedimentarios; con disposición estructural complicada (Hincapié y Moreno-Sánchez, 2001). Se resalta también la disparidad genética existente entre los protolitos que va desde rocas ultrabásicas a granitoides y de volcanitas hasta silisiclastitas. Las fechas radiométricas obtenidas en diferentes sectores del Complejo aportan edades que van desde el Paleozoico Tardío hasta el Cretácico, con mayor concentración de datos en el Cretácico Temprano (Maya, 1992; Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2003). La edad, historia y afinidad tectónica de la mayor parte de los litodemas que componen el complejo es desconocida y controversial. La existencia de litodemas de edad Pérmica o más antiguas dentro del Complejo Arquía está sustentada en edades isotópicas del stock de Amagá. El stock de Amagá, con una edad Pérmica (Pérez, 1967; Restrepo et al., 1991; Vinasco et al., 2006), afecta rocas metasedimentarias de Sinifaná en el dominio del Complejo Arquía.

La constitución de una unidad llamada "Complejo Arquía" tiene uso práctico en cartografía regional, sin embargo no debemos olvidar que estamos ante una entidad heterogénea cuyo único carácter unificador es el de ser una faja de rocas metamórficas separadas de los Complejos vecinos por fallas regionales. Así el Complejo Arquía es realmente un conjunto de litodemas cuyos componentes son de orígenes y edades diversas.

La edad del Complejo Arquía, entendiéndose la amalgama de bloques en su disposición actual (o por defecto, el tiempo de la reunión de sus componentes), debe ser necesariamente más reciente que la de sus litodemas constituyentes. Algunas de los litodemas incluidos en el Complejo Arquía son metamórfitas de baja y media presión con edades isotópicas que sugieren un evento Cretácico Temprano (Moreno-Sánchez y Pardo-Trujillo, 2003; Restrepo et al., 1991; Toussaint and Restrepo, 1989).

McCourt (1984) y McCourt et al. (1984), según inferencias de Geología regional, proponen que algunas de las rocas del Complejo Arquía representan un arco de islas unido al continente durante el Carbonífero. Aspden y McCourt (1985) sugieren que la edad (125 ± 15 - 120 ± 5 m.a) obtenida de los esquistos azules del Complejo Arquía revela estadios tardíos de acreción del terreno Amaime (localizado al oeste del Complejo Arquía). Cooper et al., (1995) interpretan que la

acreción del terreno Amaime, a lo largo de la que se ha llamado la sutura de Romeral, produjo el cese de la actividad volcánica en la Cordillera Central durante el lapso que va desde el Valanginiano al Barremiano.

El Complejo Cajamarca en la Cordillera Central reúne los litodemas metamórficos situados entre la Falla San Jerónimo al oeste y la Falla Otú-Pericos al este (Maya y González, 1995). Entre los tipos litológicos más comunes dentro de este complejo se destacan las pizarras, filitas, esquistos cuarzo-sericíticos, esquistos verdes, cuarcitas, neises, granulitas, anfibolitas y fajas de mármoles. Algunas rocas, aparentemente metamorfitas de alto grado, tales como el "Intrusivo Néisico de Papua" y las "Anfibolitas de Papua" son realmente rocas de falla (principalmente milonitas) y metagabros respectivamente (Hincapié and Camargo, 2005).

Gómez y Nuñez (2003) proponen una edad Proterozoica para las rocas metamórficas del Complejo Cajamarca, sin embargo estos autores se basaron para sus conclusiones en cuatro afirmaciones que violan el método de hipótesis múltiples:

1. Asumir una edad Ordovícica para las sedimentitas (tectonizadas) de Santa Teresa (Tolima) sin tener el adecuado soporte paleontológico.
2. Asumir que los líticos presentes en los metasedimentos de la Formación Santa Teresa provienen de la erosión de metamorfitas del Complejo Cajamarca, sin considerar otras fuentes potenciales cercanas (ejemplo, basamentos metamórficos del Valle del Magdalena y la Cordillera Oriental).
3. Asumir que el Complejo Cajamarca es una entidad geológica, homogénea en aspectos como grado de metamorfismo y edad.
4. Asumir que el Complejo Cajamarca y la Formación Santa Teresa estaban contiguas durante la sedimentación de esta última unidad (ver discusión sobre este tópico en Moreno-Sánchez et al. este volumen).

Siguiendo una línea similar de pensamiento y añadiendo semejanzas con patrones de C13 Silva et al. (2004) proponen una edad Vendiana (Ediacariense) para los mármoles de la Cordillera Central. Esta última aproximación solo da cuenta de una correlación isotópica pero no se aporta información cronológica incontrovertible. Las dataciones isotópicas disponibles para el norte del Complejo Cajamarca, a pesar de la dispersión de fechas (Maya, 1992), muestra un bien marcado evento metamórfico Pérmico que se relaciona con la reunión del Pangea (Vinasco et al., 2006).

4 ¿CÓMO SE RELACIONAN LAS ROCAS DEL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE CON SUS VECINOS?

El límite occidental del Complejo Quebradagrande está definido por la Falla Silvia-Pijao (Figura 1). Esta estructura está asociada con una serie de cuencas tectónicas donde normalmente se encuentran remanentes de secuencias Cenozoicas de origen fluvial. En una de estas cuencas las sedimentitas de Aranzazu (Mosquera et al., 1998) de edad Cenozoica se acuan entre los que son las rupturas más recientes del sistema Silvia-Pijao.

El primer litodema del Complejo Arquía, al occidente de la Falla Silvia-Pijao, es el de las Migmatitas de Manizales (Idárraga and Martínez, 2005). Este cuerpo, denominado "Intrusivo Gnéisico de Chinchiná" (Mosquera, 1978), o "Gneis de Chinchiná" (Estrada and Viana, 1993), se originó por anatexia de protolitos sedimentarios semejantes a litoarenitas o arcosas (Idárraga and Martínez, 2005). El siguiente litodema son las "Anfibolitas Saussuríticas de Chinchiná" de Mosquera et al. (1998) y que son en realidad una estrecha faja de matagabros. Estas rocas fueron analizadas por Gómez-Cruz et al. (2004) concluyendo que representan antigua corteza oceánica (tipo MORB) metamorfoseada hasta la facies esquistos verdes. Esto concuerda con análisis de datos geoquímicos obtenidos de los esquistos verdes contiguos. Las rocas más occidentales del Complejo Arquía son generalmente metalodolitas negras muy deformadas. En Filadelfia (Caldas) estas franjas son interrumpidas por una gran escama (nappe) de serpentinitas. De esta manera, ninguna de nuestras observaciones apoya un "aumento gradual de metamorfismo de E al W" tal como lo propone Kammer (2005).

Al oriente de Manizales, el límite del Complejo Quebradagrande con las metamórfitas del complejo Cajamarca ha sido establecido por conveniencia y no con criterios geológicos rigurosos. Es suficiente una campaña de campo en la Quebrada Olivares, al este de Manizales, para demostrar que las metalodolitas fosilíferas del Complejo Quebradagrande pasan gradualmente a rocas con un grado más alto de metamorfismo cartografiadas como rocas del Complejo Cajamarca: cerca del nacimiento de esta quebrada afloran metalodolitas negras en contacto con esquistos verdes, metabasaltos y mármoles que se han incluido putativamente dentro del Complejo Cajamarca (ver Mosquera et al., 1998).

El Complejo Quebradagrande está compuesto al menos por dos grandes litosferoclastos separados por fallas (Gómez-Cruz et al., 1995). El litosferoclasto oriental está constituido por los intervalos tectónicos El Establo, San Félix, Valle Alto en los alrededores de San Félix (Rodríguez y Rojas, 1985) y el intervalo oriental en Manizales (Gómez-Cruz et al., 1995). El litosferoclasto occidental es el de mayor extensión, está constituido al menos por dos litodemas, volcánico y sedimentario (Maya y González, 1995). Un rasgo estructural común para el conjunto de rocas metasedimentarias es que están inclinada hacia el este, sin embargo cuando ha sido posible definir la polaridad estratigráfica ésta es invertida.

Los litodemas del Complejo Quebradagrande nacen en un sistema arco volcánico-cuenca marginal durante el Cretácico Temprano (Álvarez, 1987), esto inhibe cualquier correlación con rocas de la Cordillera Occidental cuyo origen podría ser una meseta oceánica formada durante el Cretácico Tardío (Nivia et al., 1996).

5. PROVENIENCIA DEL MATERIAL CLÁSTICO DEL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE

El conjunto de rocas que componen el Complejo Quebradagrande puede separarse en dos sectores con base en la proveniencia de los depósitos clásticos.

La composición de las arenitas del sector occidental del Complejo Quebradagrande, según datos de Echevarría et al. 1991, se muestra (Figura 2) en el diagrama de discriminación de proveniencia de Dickinson y Suczek (1979). Las arenitas son generalmente ricas en feldespatos y fragmentos líticos que caen en el campo de proveniencia de arco magmático. Los feldespatos son generalmente plagioclasas y los fragmentos líticos son del tipo volcánico. Los conglomerados, originados por flujos de escombros submarinos, están constituidos por clastos (guijos a bloques) sedimentarios y volcánicos. Se destacan los clastos de andesitas y basaltos, ocasionalmente aparecen líticos gabroicos. Pequeños cuerpos de pórfidos andesíticos deformados son reportados atravesando lodolitas negras, texturalmente son idénticos a los identificados como clastos dentro de conglomerados del complejo. Hasta el momento, y pese a su cercanía, no se han encontrado clastos provenientes del Complejo Arquía. Los datos paleontológicos obtenidos en el sector occidental dan un rango de edad dentro del Cretácico Temprano (Botero y González, 1983).

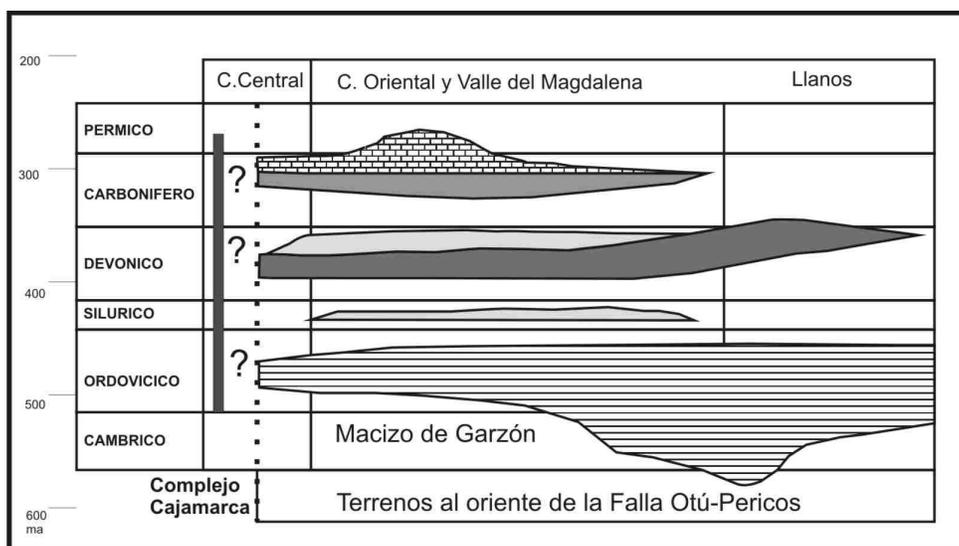


Figura 2. Análisis de proveniencia de varias muestras de arenitas del Complejo Quebradagrande recolectadas al occidente de Manizales y en la antigua vía del ferrocarril a Villa María. Datos de Echevarría et al. 1991. Triángulos de proveniencia

La composición volcánica de las arenitas y conglomerados, los flujos basálticos y andesíticos, sugieren que el sector occidental del Complejo Quebradagrande se comportó como una área (o una subcuenca?) que recibía detritos y productos de actividad de un arco volcánico vecino. La presencia de líticos gabroicos sugiere levantamiento y erosión intensa que en algunos lugares debió exponer el basamento. Los restos de plantas (gimnospermas) encontradas en el extremo occidental (Lemoigne, 1984) del Complejo sugiere que algunos sectores en esta cuenca estuvieron emergidos.

En contraste, el sector oriental está dominado por contenidos mayores de cuarzo detrítico. Se destaca la aparición de abundante cuarzo policristalino y líticos metamórficos (Gómez-Cruz et al., 1995). Algunos tipos litológicos son comunes para ambos sectores, por ejemplo las lodolitas negras, chert, y basaltos. En el extremo oriental del Complejo en el este de Manizales se han reconocido arenitas líticas, calizas marmorizadas y basaltos. Espesos estratos de conglomerados con guijos de cuarzo (generalmente del tipo policristalino) son comunes en cercanías de Abejorral y Manizales. Amonitas encontradas al este de Manizales muestran que al menos una parte de la secuencia sedimentaria en el sector oriental es de edad Albiana (Gómez-Cruz et al., 1995). Las series sedimentarias en los alrededores de Valle Alto (municipio de San Félix, Caldas) son dominadas por sedimentación silisiclástica caracterizada por la abundante flora y fauna asociada al margen continental (Etayo-Serna, 1985).

6. CONCLUSIONES

Los Complejos son entidades cartográficas que facilitan la representación de entidades litológicas en el terreno cuando la complejidad estructural así lo obliga. Ninguno de los complejos definidos para el occidente colombiano reúne una única entidad geológica. Cada complejo está constituido por más de un litosferoclasto o fragmento litosférico limitado por fallas. Además, cada litosferoclasto está constituido por más de un litodema con historia propia.

La historia del Complejo es la que relata la reunión de sus constituyentes (litodemas). Si un complejo es una entidad cartográfica heteróclita, entonces el tiempo de su constitución es el de la reunión de los litosferoclastos constituyentes. Por ejemplo, algunos de los litodemas incluidos en el Complejo Arquía podrían ser de edad Paleozoica como es el caso del stock de Amagá y los metasedimentitas de Sinifaná. Sin embargo la edad de su constitución parece ser el Cretácico Temprano tal como lo sugieren las edades isotópicas obtenidas de varios de los litodemas del complejo. Por otra parte, la exhumación de las rocas del Complejo Arquía parece ser post-Cretácica: en el bloque occidental del Complejo Quebradagrande no se han encontrado rastros de materiales que puedan atribuirse a la erosión del Complejo Arquía. Diferentes enfoques se han utilizado para definir la historia de un litosferoclasto, sin embargo cuando los litodemas son de origen sedimentario la mejor aproximación para determinar su edad es la bioestratigráfica.

Las edades isotópicas determinadas para un litodema nos revelan los procesos tectónicos y térmicos que afectaron ese subsistema, sin embargo se amplía el análisis si se intenta hacer predicciones para el sistema en su conjunto (el Complejo). La edad Proterozoica para los Complejos Arquía y Cajamarca, es contraria a la copiosa evidencia geocronológica presentada y no se basa en ningún dato comprobable.

Con esto, esperamos que algunos de los presupuestos usados para sostener el mito de la supuesta "unidad litológica e histórica" de los Complejos hayan quedado destruidos.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, J. A., 1987. Geología del Complejo Ofiolítico de Pacora y secuencias relacionadas de arco de islas (Grupo Quebradagrande) Colombia Medellín, Ingeominas, 81 P.
- Aspden, J. A. y W. J. Mc. Court, 1985. A middle Mesozoic terrane in the Central Cordillera of western Colombia: Geología Norandina, V. 9, pp. 19-26.

- Botero, A. G., 1963. Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia: Anales de la Facultad de Minas, v. 57, pp. 3-101.
- Botero, G. A. y H. González, 1983. Algunas localidades fosilíferas cretáceas de la Cordillera Central, Antioquia y Caldas, Colombia: Geología Norandina, v. 7, p. 15-28.
- Bürgl, H. y L. Radelli, 1962, Nuevas localidades fosilíferas en la Cordillera Central de Colombia: Geología Colombiana, V. 3, pp. 133-138.
- Cooper, M. A., et al, 1995. Basin development and tectonic history of the llanos basin, Eastern Cordillera, and Middle Magdalena Valley, Colombia: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 79, pp. 1421-1443.
- Chamberlin, T. C., 1897. The method of multiple working hypotheses: Journal of Geology, V. 5, pp. 837-848.
- Dickinson, W. R., 2003. The place and power of myth in geoscience: an associate editor's perspective: American Journal of Science, v. 303, pp. 856-864.
- Dickinson, W. R. y Suczek, C., 1979. Plate tectonics and sandstone composition: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 63, pp. 2164-2182.
- Estrada, J. J. y Viana, R., 1993. Geología del área de Anserma y Chinchiná: VI Congreso Colombiano de Geología, pp. 2-21.
- Etayo-Serna, F., 1985. Documentación paleontológica del infracretácico de San Felix y Valle Alto, Cordillera Central, in F. Etayo-Serna, and F. Laverde, eds., Proyecto Cretácico, V. 16: Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, pp. XXV1-XXV7.
- Gómez-Cruz, A. J., Moreno, M. y Pardo, A., 1995. Edad y origen del complejo metasedimentario Aranzazu-Manizales en los alrededores de Manizales (departamento de Caldas, Colombia): Geología Colombiana, V. 19, pp. 83-93.
- Gómez-Cruz, A. J., Ossa, C. y Toro, L. M. 2004. Geoquímica de la rocas del stock de Chinchiná-Santa Rosa: Boletín de Geología UIS, V. 26, pp. 67-78.
- Gómez, J. y Nuñez, A., 2003. Las metasedimentitas de Santa Teresa y la edad del Complejo Cajamarca (Cordillera Central, Departamento del Tolima-Colombia): IX Congreso Colombiano de Geología, pp. 35-36.
- González, H., 1976. Geología del cuadrángulo J-8 Sonsón, Medellín, Ingeominas, 421 P.
- González, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina): Boletín Geológico, Ingeominas, V. 23, pp. 1-174.
- González, H., Lemoigne, I. y Martínez, J. O., 1977. La flora de la Formación Valle Alto, Jurásico en la Cordillera Central de Colombia: Boletín Ciencias de la Tierra, V. 2, pp. 107-122.
- Grosse, E., 1926. El Terciario carbonífero de Antioquia, en la parte occidental de la Cordillera Central de Colombia entre el río Arma y Sacaoyal: Berlin, 361 P.
- Hedberg, H. D., 1980. Guía estratigráfica internacional. Guía para la clasificación, terminología y procedimientos estratigráficos: Barcelona, Editorial Reverté, S.A., 205 P.
- Hincapié, G. y Camargo, G., 2005, Formación de dos unidades de roca aflorantes en el flanco este de la Cordillera Central, sector de Padua: X Congreso Colombiano de Geología.
- Hincapié, G. y Moreno, M., 2001. Comparación entre las fases deformativas presentes en las metamorfitas del Complejo Cajamarca y en las metamorfitas del Complejo Arquía, en el departamento de Caldas: VIII Congreso Colombiano de Geología.
- Idárraga, J. y Martínez, L., 2005. Petrografía y geoquímica de la migmatita de Manizales entre el Cerro Morro Gordo y el río Chinchiná al occidente de Manizales (Caldas), Universidad de Caldas, Manizales, 64 P.
- Kammer, A., 2005. Las Fallas de Romeral: marco tectónico de una paleo-sutura: X Congreso Colombiano de Geología, pp. 1-5.

- Lemoigne, Y., 1984. Données nouvelles sur la paléoflore de Colombie: *Geobios*, V. 17, pp. 667-690.
- Lozano, H., Pérez, H. y Mosquera, D. 1975. Prospección geoquímica en los Municipios de Salento, Quindío y Cajamarca, Tolima, Ingeominas, 103 P.
- Maya, M., 1992. Catalogo de dataciones isotópicas en Colombia: *Boletín Geológico, Ingeominas*, V. 32, pp. 127-187.
- Maya, M. y González, H., 1995. Unidades litodémicas en la Cordillera Central de Colombia: *Boletn Geológico, Ingeominas*, V. 35, pp. 43-57.
- McCourt, W. J., 1984. The Geology of the Central Cordillera in the Department of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima: *British Geological Survey Report*, V. Series 84, pp. 8-49.
- Mc. Court, W. J., Aspden, J. A. y Brook, M., 1984. New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion: *Journal of the Geological Society, London*, M. 141, pp. 831-845.
- Moreno, M. y Pardo, A., 2002. Historia geológica del Occidente Colombiano: *Geo-Eco-Trop*, V. 26, pp. 91-113.
- Moreno, M. y Pardo, A., 2003. Stratigraphical and sedimentological constrains on western Colombia: implications on the evolution of the Caribbean Plate, in C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. F. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics*, American Association of Petroleum Geologist, memoir 79, pp. 891-924.
- Mosquera, D., 1978. Geología del cuadrángulo K8 Manizales, Ingeominas, 63 P.
- Mosquera, D.; Marín, P.; Vesga, C. y Gonzáles H., 1998. Geología de la plancha 206, Manizales (1:100 000): Ingeominas.
- Nelson, H. W., 1957. Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the section between Ibagué and Cali: *Leidse Geologische Mededlingen*, V. 22, pp. 1-76.
- Nelson, W. H., 1962. Contribución al conocimiento de la Cordillera Central de Colombia sección entre Ibagué y Armenia: *Boletín Geológico, Servicio Geológico Nacional*, V. 10, pp. 161-202.
- Nivia, A.; Gizelle, M. y Andrew, K., 1996. El Complejo Quebradagrande una posible cuenca marginal intracratónica del Cretáceo inferior en la Cordillera Central de los Andes Colombianos: VII Congreso Colombiano de geología.
- Nivia, A.; Marriner, G. F.; Kerr, A. C. y Tarney, J., 2006. The Quebradagrande Complex: a Lower Cretaceous ensialic marginal basin in the Central Cordillera of the Colombian Andes: *Journal of South American Earth Sciences*, V. 21, pp. 423-436.
- Nomenclature, N. A. C. o. S., 1983. North American Stratigraphic Code: American Association of Petroleum Geologist Bulletin, V. 67, pp. 841-875.
- Pérez, A., 1967. Determinación de la edad absoluta de algunas rocas de Antioquia por métodos radioactivos, *Dyna*, Medellín, Universidad Nacional de Colombia, pp. 27-31.
- Restrepo, J. J.; Toussaint, J. F.; González, H.; Cordani, U.; Kawachita, K.; Linares, E. y Parica, C., 1991. Precisiones geocronológicas sobre el Occidente Colombiano.: Simposio sobre Magmatismo Andino y su marco tectónico, pp. 1-22.
- Rodríguez, C., y Rojas, R., 1985. Estratigrafía y tectónica de la serie infracretácica en los alrededores de San Félix, Cordillera Central de Colombia, in F. Etayo-Serna, and F. Laverde, eds., *Proyecto Cretácico*, v. 16: Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, pp. XXI1-XXI21.
- Silva, T. J. C.; Sial, A.; Ferreira, V. y Estrada, J. J., 2004. C-isotope stratigraphy of a vendian carbonate succession in northwestern Andes: implications for the nw Andes-Mexico connection: *Geos*, V. 24, pp. SE02-2.
- Toussaint, J. F. y Restrepo, J. J., 1989. Acreciones sucesivas en Colombia: Un nuevo modelo de evolución geológica: V Congreso Colombiano de Geología, pp. 127-147.
- Vakhrameev, V. A., 1991. Jurassic and Cretaceous floras and climates of the earth: London, Cambridge University Press., 340 P.

Vinasco, C. J.; Cordani, U. G; Gonzalez, H.; Weber, M. y Pelaez, C., 2006. Geochronological, isotopic, and geochemical data from Permo-Triassic granitic gneisses and granitoids of the Colombian Central Andes: *Journal of South American Earth Sciences*, V. 21, pp. 355-371.