

EJEMPLOS DE ROCAS Y ZONAS DE FALLA EN LOS ANDES COLOMBIANOS

Camargo, G. A¹

RESUMEN

El presente trabajo muestra algunos ejemplos de estudios de zonas de falla y en particular las rocas de falla asociadas, con el fin de discutir el tipo de información geológica que pueden potencialmente revelar y así contribuir al conocimiento sobre la historia evolutiva de una región. En rocas metamórficas e ígneas de las cordilleras Central y Occidental es posible advertir historias evolutivas complejas caracterizadas por múltiples fases deformativas de tipo frágil y dúctil. En sectores dominados por rocas sedimentarias, la presencia no solo de rocas de falla sino de estructuras asociadas a las zonas de falla permite interpretar elementos cinemáticos y geométricos los cuales deben ser tenidos en cuenta en labores de cartografía geológica.

Palabras clave: Zonas de falla, rocas de falla, Sistema de Fallas de Romeral, Andes Colombianos.

EXAMPLES OF ROCKS AND FAULT ROCKS IN THE COLOMBIAN ANDES

ABSTRACT

This work presents some case studies of fault zones and fault rocks associated in order to show the type of geologic information they may potentially reveal and contribute to the knowledge about the geologic history of a region. In igneous and metamorphic rocks of the Central and Western Cordilleras it is possible to suggest complex geologic histories characterized by multiple deformative phases of fragile and ductile origin. In areas dominated by sedimentary rocks the presence, not only of fault rocks but structures associated to fault zones allow interpreting kinematic and geometric elements which should be taken into account in field geologic mapping campaigns.

Key words: Fault zones, fault rocks, Romeral Fault System, Colombian Andes.

INTRODUCCIÓN

Las rocas de falla hacen parte de un extenso grupo de rocas las cuales pueden dividirse en dos grandes grupos: rocas cataclásticas y rocas miloníticas (Sibson 1977). El estudio y clasificación de estas rocas ha pasado por grandes controversias algunas de las cuales aun existen en la actualidad (Wise et al. 1984, Snoke et al. 1998). Al parecer, las clasificaciones existentes tienen ventajas y desventajas y no existe una que pueda ser usada de manera única en estudios

geológicos (ejemplo aplicado a estudios de ingeniería civil lo presenta Ordóñez 2000) y que tenga la misma aplicabilidad a diferentes escalas. Como un ejemplo, rocas de falla tipo “milonita” ha sido sujeto de amplios debates conceptuales y otras como “pseudotaquilitas” han sido motivo de controversia y especial interés (Camargo, 1994). A pesar de estos problemas inherentes al conocimiento científico es claro que estas rocas, dependiendo de su contexto geológico, pueden aportar valiosa información acerca de la historia geológica de una región. El objetivo de este trabajo es sintetizar el

¹ Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 14490, Bogotá.
email: gacamargoc@unal.edu.co

resultado de observaciones geológicas efectuadas a lo largo de algunas zonas de falla, en varias localidades del territorio colombiano con su respectiva interpretación y discusión.

RESULTADOS

Se han escogido varias localidades en las cuales se presentan fallas geológicas importantes sobre las que se expone una breve descripción e interpretación de la zona de falla y sus rocas de falla asociadas además de una discusión acerca de las implicaciones sobre la historia deformativa de la región. Primero se tratarán

tres áreas en donde se presentan fallas y zonas de falla de importancia regional asociada a rocas ígneas y metamórficas principalmente en las Cordilleras Central y Occidental y una cuarta área con presencia de fallas que afectan rocas sedimentarias en un sector del Valle Superior del Magdalena, en el flanco occidental de la Cordillera Oriental en donde la observación detallada, en particular de las zonas de falla, aporta valiosa información geológica que permite enriquecer no solo el conocimiento deformativo de la región sino que además sugiere elementos importantes de tipo cartográfico. La localización de las áreas de estudio se observa en la FIGURA 1.

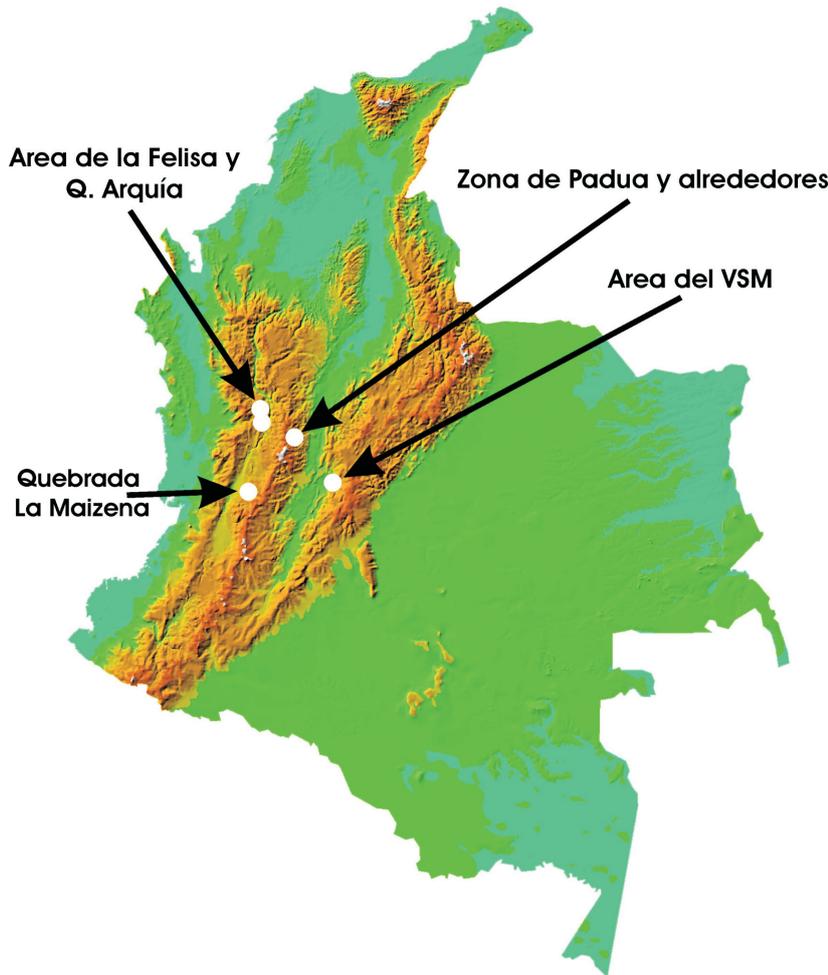


FIGURA 1. Localización de las cuatro áreas de estudio presentadas en este trabajo. El área de la Quebrada La Maizena asociada a la Falla Silvia-Pijao; El área de Padua a la Falla de Palestina; El sector de la Felisa y Quebrada Arquía a algunos trazos importantes del Sistema de Fallas de Romeral y el área del Valle Superior del Magdalena asociada a fallas inversas del frente de deformación del flanco occidental de la Cordillera Oriental.

Falla Silvia-Pijao, Quebrada La Maizena (Departamento del Quindío)

La Falla Silvia-Pijao hace parte del denominado Sistema de Fallas de Romeral (SFR) (Sensu stricto Maya & González 1995, Ingeominas 1980, 1984, González & Núñez 1991). Estudios orientados a conocer en cierto detalle las rocas de falla asociadas al SFR han sido presentados, en sus inicios por González (1977) y recientemente por Gómez & Bocanegra (1999), Atehortúa y Gutiérrez (2003) y otras tesis de estudiantes de la Universidad de Caldas. Sin embargo, en términos generales se puede decir que este tipo de estudios son escasos en nuestro territorio. El estudio detallado de las rocas a lo largo de la parte baja de la Quebrada La Maizena en la zona de influencia de la Falla Silvia-Pijao muestra una gran complejidad estructural (FIGURA 2) que permite inferir una larga

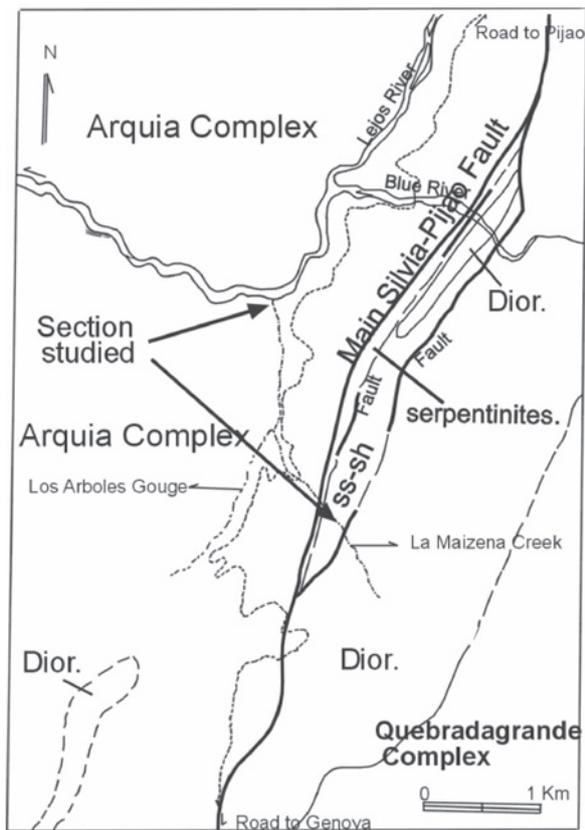


FIGURA 2. Obsérvese el trazo de la Falla Silvia-Pijao y la localización de la sección geológica estudiada. Asociado al trazo de la falla se observan escamas de rocas sedimentarias, rocas ultrabásicas fuertemente serpentinizadas y cuerpos ígneos. SS-SH= areniscas y shales; Dior= dioritas. Tomado de Camargo & Mojica (2004).

historia deformativa. Camargo & Mojica (2004) estudian estas rocas y algunos de los resultados más importantes se mencionan a continuación. Desde el punto de vista petrográfico, las rocas son predominantemente esquistos de hornblenda, granate, zoicita, clinozoicita con variables cantidades de moscovita, clorita y grafito. Se presentan además granodioritas compuestas de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita y clorita y un afloramiento de tonalita rica en plagioclasas, clorita, cuarzo, carbonatos y opacos. Adicionalmente se presentan areniscas intercaladas con lodolitas y lodolitas calcáreas. Con relación a las rocas de falla, se observan principalmente rocas con texturas cataclásticas además de milonitas pobremente desarrolladas (protomilonitas), brechas, harina de falla y harina de falla foliada.

Las zonas de deformación frágil son definidas con base en la presencia de planos discretos de falla, bloques de geometrías lenticulares, texturas de flujo, texturas cataclásticas, foliación tectónica asociada a fallas principalmente inversas de alto ángulo, microplegamiento local, alto fracturamiento de rocas y desarrollo de brechas y harina de falla. Deformación de tipo milonítica es inferida con base en la presencia de bandas microscópicas de cuarzo recrystalizado con tamaño de grano reducido y en menor extensión en plagioclasas y extinción ondulosa y en parches en cuarzo y menormente en plagioclasas. Las microestructuras anteriores y la presencia a nivel de afloramiento de fallas inversas de alto ángulo, fallas de cabalgamiento (duplexes y abanicos imbricados), presencia de fallas de rumbo y normales con componentes de movimiento puras y oblicuas, y la presencia regional de escamas de rocas sedimentarias (Mojica et al. 2001) y cuerpos ultrabásicos serpentinizados a lo largo de la zona de falla sugieren una compleja historia de deformación principalmente frágil (en este sector) y presencia de reactivación de algunas de estas zonas de falla (Camargo & Hincapié 2004).

Falla de Palestina, Corregimiento de Padua (Departamento del Tolima)

En este sector de la Cordillera Central se han definido dos unidades de roca a saber: Intrusivo Néisico de Padua y la Anfibolita de Padua (Barrero y Vesga 1976). En esta localidad estudios de campo petrográfico y geoquímico permitieron determinar que el denominado previamente como Intrusivo Néisico de Padua, también

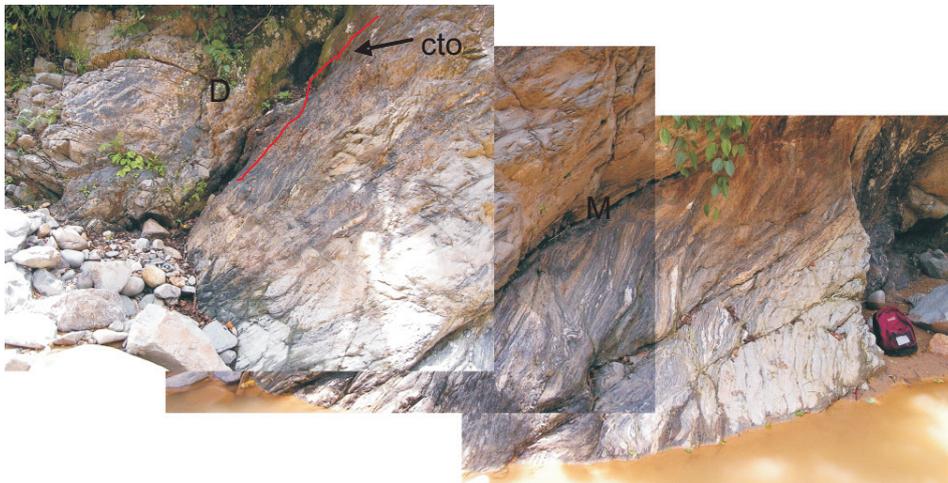
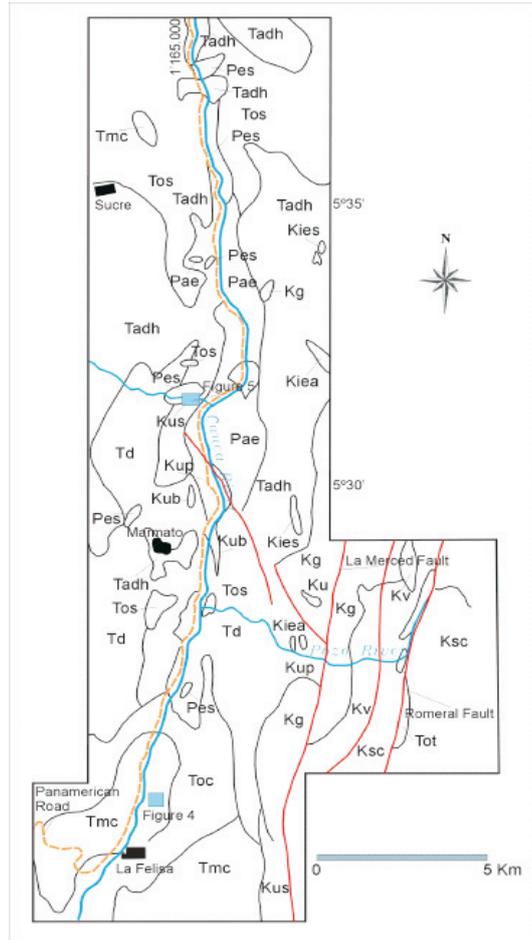


FIGURA 3. Note las dos subáreas de estudio descritas (esquema superior, cuadros en azul) en los sectores de la Felisa y La Quebrada Arquía (quebrada que desemboca al Río Cauca en su costado occidental). En este sector se hace necesario el trazo de una zona de falla caracterizada por rocas de tipo milonítico y cataclasitas que afloran en contacto directo con rocas intrusivas Terciarias en donde hay evidencia también del carácter intrusivo. Una vista de un sector de las rocas descritas se observa en el mosaico de fotos de la parte inferior. D= diorita, M= milonita. Morral de escala, vista hacia el norte.

denominadas tectonitas de Guarinó (Clavijo & Montes 1996) se presenta constituido principalmente por cuacitas, cuarcitas moscovíticas y cuarcitas biotíticas; es decir una unidad de origen metasedimentario. En el caso de La Anfibolita de Padua, clasificada como metagabro por Clavijo & Montes (1996), el estudio de campo muestra la presencia de metatobas intercaladas con silos de metagabros. Labores de campo (Hincapié 2005) indican que el contacto de la unidad metasedimentaria es hacia el occidente transicional a esquistos micáceos, el contacto entre las dos unidades estudiadas es concordante y el contacto de la unidad de metatobas y metagabros en contacto fallado contra rocas del Complejo Cajamarca. La naturaleza geoquímica de estos cuerpos indica que los metagabros tienen afinidad subalcalina (diagrama TAS) en el campo de rocas toleíticas y afinidad con rocas tipo N-Morb (Hincapié 2005). Desde el punto de vista microestructural se observan bandas de protomilonitas a ultramilonitas con escalas de milímetros a metros y sentido de movimiento predominantemente dextral (Hincapié & Camargo 2004). En términos generales las microestructuras presentes permiten interpretar mecanismos de deformación operantes a temperaturas de 400°-500° centígrados (Aprox. 22 Km. de profundidad) con pulsos de deformación frágil superpuestos representados por bandas de cataclasitas y rocas altamente fracturadas lo cual permite interpretar movimientos rumbodeslizantes con importantes componentes de movimiento vertical, (escala kilométrica) que se hacen necesarios para exhumar las rocas de falla formadas a la profundidad anotada. Otros ejemplos de “neises intrusivos” asociados en particular al Batolito Antioqueño son presentados por Mercado (2004) quien también sugiere que se trata de neises miloníticos.

Zonas de falla, sector de la Felisa y Quebrada Arquía, (Departamento de Caldas)

En esta región los mapas de Ingeominas 1980, 1984 muestran la presencia de cuerpos ígneos alineados aproximadamente N-S. En este sector es común observar rocas ígneas terciarias de tipo diorítico, muchas de ellas enriquecidas con sulfuros, intruídos en esquistos y anfibolitas del Grupo Arquía. En dos localidades se observan relaciones entre estos dos cuerpos que permiten inferir historias geológicas diferentes (FIGURA 3). En el primer caso (sector de la Felisa) se observa claramente el contacto discordante entre las dioritas y anfibolitas. La presencia de masas

xenolíticas de escalas métricas hace evidente el carácter intrusivo. Sin embargo, es posible advertir que a lo largo del contacto se presenta una zona de falla bien desarrollada con presencia de brechas y harinas de falla, lo cual permite inferir que el contacto ha generado una zona de discontinuidad que es susceptible de removilizarse y es usada para acomodar esfuerzos de tipo frágil. En el segundo ejemplo a lo largo de la Quebrada Arquía, la situación geológica muestra un grupo de rocas, esquistos, dioritas, texturas miloníticas (localmente como neises), dos tipos diferentes de cataclasitas y harina de falla en una zona en donde se presenta un contacto similar al presentado en el área de la Felisa. Esta configuración permite interpretar la presencia de una zona de falla anterior a la intrusión de la diorita, caracterizada por deformación de tipo plástico principalmente. Posterior a la intrusión se presentan mas eventos deformativos de fallamiento afectando la misma zona de contacto, de manera que se generan cataclasitas de dos generaciones diferentes a lo largo de la zona (Camargo & Hincapié 2005). En algunos de estos casos los mapas disponibles no muestran la presencia de fallamiento alguno.

Zonas de falla, Valle Superior del Magdalena

Estudios de rocas de falla presentes en la Cordillera Oriental de Colombia, asociadas a rocas sedimentarias son prácticamente inexistentes. Rocas de falla en estos ambientes son generalmente rocas cataclásticas y su registro de información acerca de los eventos deformativos que las formaron es reducido y comparativamente mucho menor que el registrado en terrenos deformados en condiciones de presión y temperatura mayores, como se mostró en los casos anteriores. Existen muchas áreas de interés relacionadas con rocas de falla en terrenos sedimentarios, muchos de los cuales se relacionan a la capacidad sellante de las fallas lo cual es de interés en la industria del petróleo. En el Valle Superior del Magdalena hay sectores en donde se presentan rocas sedimentarias afectadas por fallas inversas muchas de las cuales presentan estructuras reservorio de hidrocarburos en su bloque yacente. La presencia de estructuras asociadas en la zona de falla en estos casos contribuye significativamente a conocer la cinemática y geometría de la falla. Los siguientes dos ejemplos pretenden mostrar observaciones realizadas en algunas de estas fallas y discutir su significado e implicaciones en la historia geológica de la región. En la vía que conduce

de la población de Carmen de Apicalá hacia Cunday aflora una falla inversa que pone en contacto rocas del Grupo Guadalupe sobre conglomerados terciarios, que algunos mapas muestran como equivalentes al Grupo Gualanday. En este sector se presentan dos aspectos estructurales de importancia. El primero de ellos tiene que ver con la forma en que las capas de ambas unidades están truncadas unas contra las otras lo cual es uno de los argumentos que permiten inferir la presencia de la falla.

En segundo lugar la presencia de rocas del Terciario descansando de manera discordante sobre el Cretáceo, lo cual indica de manera relativa el tiempo de actividad de esta falla, al menos en ese segmento (FIGURA 4). Como puede verse estas dos características indican que la falla puede seguirse por una distancia finita conocida desde ese punto hacia el sur (pero no necesariamente a lo largo del cambio de pendiente del escarpe) sino que va ascendiendo estratigráficamente en la secuencia. Sobre la vía es posible advertir la presencia de rocas cataclásticas hacia el contacto (FIGURA 5) las cuales no se observan en otros sectores.

La inspección de elementos cinemáticos cerca de la falla es compatible con una falla inversa con vergencia

hacia el NW (FIGURA 6). La connotación cartográfica de esta situación indica que la falla, desde ese punto hacia el norte, esta fosilizada por sedimentos Terciarios, pero su salto importante sugiere su presencia por varios kilómetros más hacia el norte. Mas al sur (2-3 Km) y a lo largo de la misma cuchilla solo se observa el carácter discordante de los conglomerados terciarios sobre el Grupo Guadalupe y la falla ya no puede trazarse entre las dos unidades (FIGURA 4, foto derecha).

Aunque ya fuera del objetivo de este trabajo vale la pena mencionar que mas al sur, en la zona de confluencia de dos cabalgamientos importantes que limitan los flancos del Sinclinal del Carmen de Apicalá, se presentan unas rocas brechoides interpretadas como brechas sinsedimentarias las cuales, sin duda, son producto de la erosión de niveles del Grupo Guadalupe y que muy probablemente fueron levantados a lo largo de fallas. En este caso la geometría y las relaciones espaciales de este cuerpo con las unidades directamente en contacto son de importancia para conocer la actividad de estas fallas en el tiempo. En este caso se hace importante la distinción entre brechas sinsedimentarias y brechas asociadas a zonas de falla.



FIGURA 4. Vista al NW desde la Hacienda Buenos Aires, desde la vía que conduce de Carmen de Apicalá hacia Cunday. En a se observa la presencia de un pliegue anticlinal asimétrico con vergencia hacia el occidente asociado a una falla de cabalgamiento inversa. Se observa además el carácter discordante de sedimentos conglomeráticos terciarios. En b más al sur a lo largo de la misma cuchilla solo se observa el carácter discordante de los conglomerados terciarios sobre rocas del Grupo Guadalupe. En ambas fotos la vista es hacia el norte.



FIGURA 5. Detalle de rocas con fuerte cataclásis (note los fragmentos angulares dentro de una matriz arenosa) pocos metros al este de la falla que pone en contacto rocas del Grupo Guadalupe sobre conglomerados terciarios. Vía de Carmen de Apicalá hacia Cunday. Esfero de escala.

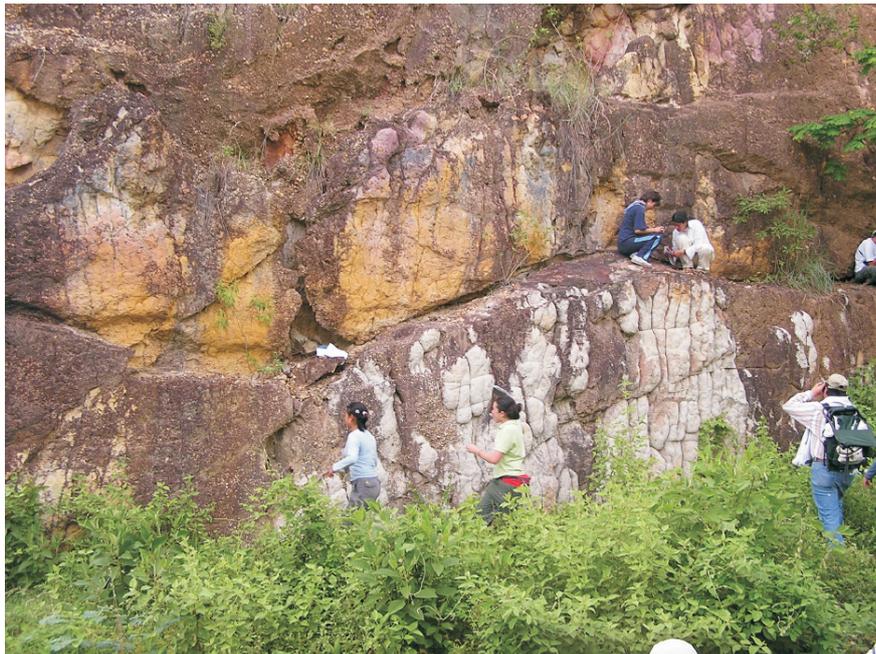


FIGURA 6. Trazos de fallas inversas, sinuosas y vergencia hacia el occidente, asociadas a la falla de cabalgamiento principal, cuyo trazo pasa unos 40 metros al norte de este sitio. El desplazamiento de estas fallas alcanza 1 m. en sectores y su geometría y cinemática es similar al del cabalgamiento principal. Los dos estudiantes en la parte más alta descansan directamente sobre el plano de falla que muestra elementos cinemáticos que indican un comportamiento inverso casi puro. Las rocas son conglomerados terciarios dispuestos verticalmente; la mayor parte de la foto la constituye un plano de estratificación.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Las meso y microestructuras estudiadas a lo largo de la zona de deformación asociada a la Falla Silvia-Pijao permiten interpretar múltiples etapas de deformación frágil superpuesta a una deformación plástica más discreta y con un registro más pobre, al menos en este segmento de la falla. La presencia de deformación plástica mejor desarrollada en otros sectores de la falla sugieren la necesidad de estudios más detallados en los distintos segmentos, no solo de esta falla sino de fallas relacionadas al Sistema de Fallas de Romeral con el fin de obtener valiosa información acerca de la forma en que la deformación ha sido acomodada. Esta tarea se hace importante con el fin de contribuir en el conocimiento acerca de algunos interrogantes acerca del tiempo de deformación, evolución cinemática, geometría de las zonas de falla y sentido de cizalla, entre otros. En el caso de la Falla de Palestina, la interpretación que vincula rocas de falla genera un cambio fundamental en la interpretación del origen de estas rocas. El término “neis intrusivo” presente en la literatura genera controversia. Por un lado el término “neis” tiene una connotación genética ligada a rocas formadas por procesos de metamorfismo regional y el término “intrusivo” indica un origen ígneo. Se podría tratar de un origen mixto que involucre estos dos procesos, sin embargo esta relación no está claramente documentada. Esta nueva clasificación petrográfica, que involucra la presencia de rocas de falla, conlleva un origen sustancialmente diferente y por ende sugiere la interpretación de diferentes eventos tectónicos para explicar su origen (Hincapié & Camargo 2005). Lo anterior no excluye la presencia, en algunas zonas de falla, de rocas con texturas metamórficas y origen ígneo; más bien se trata de un llamado a estudiar estas rocas con una mirada crítica y suficiente detalle ya que desde el punto de vista macroscópico pueden existir similitudes importantes. A lo largo del Valle del Río Cauca la naturaleza variada de los contactos entre rocas ígneas intrusivas de tipo diorítico, esquistos y anfíbolitas del Grupo Arquía permite sugerir que el emplazamiento de estos cuerpos ígneos se ha llevado a cabo a lo largo de zonas de la corteza sometidas a intensa deformación previa y además, que son foco de eventos de reactivación y que posiblemente son y serán susceptibles de reactivarse. Por lo tanto estudios neotectónicos deberían tener en cuenta cuerpos cuaternarios que se encuentren dispuestos a lo largo

de estos contactos, algunos de los cuales no muestran la presencia de falla alguna. Para indicar la presencia de estas rocas de falla en espesores que puedan ser cartografiables, de acuerdo a la escala del mapa, se sugiere una nomenclatura particular que indique el espesor de la zona de deformación y el tipo de roca de falla predominante.

En el caso de la falla inversa asociada al margen occidental de la Cordillera Oriental (Valle Superior del Magdalena) se observa que su trazo no necesariamente se localiza en los cambios de pendiente generados por el contraste entre las unidades involucradas (Grupos Guadalupe y Gualanday) y que cuidado cartográfico es necesario para establecer las relaciones temporales entre la actividad de la falla y los sedimentos terciarios que reposan de manera discordante y que en sectores fosilizan el trazo de la falla.

REFERENCIAS

- Atehortúa, F., & Gutiérrez, G. R. (2003). Análisis estructural de las rocas aflorantes en los alrededores de la Falla de Romeral al oeste de Manizales. Tesis de grado, Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Manizales.
- Barrero, D., & Vesga, C. J. (1976). Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 Armero y parte sur del J-9 La Dorada. IN-GEOMINAS, Bogotá.
- Camargo, G.A. (2004). Pseudotachylytes. Primer Congreso Latinoamericano de Sismología. Memorias en CD. Armenia, Colombia.
- Camargo, G.A., & Hincapié, G. (2004). About reactivation of some faults in the Central Cordillera, Colombia. Primer Congreso Latinoamericano de Sismología. Memorias en CD. Armenia, Colombia.
- Camargo, G.A., & Mojica, J. (2004). Reactivation (long-term evolution) of the Silvia-Pijao Fault along the “Quebrada la Maitzena”, western flank of Central Cordillera, Quindío-Colombia. *Geología Colombiana* No. 29, pp. 11-22.
- Camargo, G.A., & Hincapié, G. (2005). Evidences of fault zone reactivation in the Central Cordillera and Cauca River Valley, Colombia. X Congreso Colombiano de Geología. Memorias en CD. Bogotá, Colombia.

- Clavijo, V. E., & Montes, N. E. (1996). Cartografía Geológica del Municipio de Manzanares (Caldas) a escala 1:25.000 (Trabajo de grado). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Manizales. 92 p.
- Gómez, J., & Bocanegra, A. (1999). Estudio Geológico y Estructural de la Falla Otú-Pericos al W del a ciudad de Ibagué. Tesis (Geólogo). Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Manizales. 116 p.
- González, H. (1977). Conceptos de metamorfismo dinámico y su aplicación a la zona de falla de Romeral. Boletín de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, pp. 81-106.
- González, H. (1980). Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). En Boletín Geológico Ingeominas, Bogotá. Vol. 23, No. 1, pp. 1-174.
- González, H. (1990). Mapa Geológico del Departamento de Caldas, Geología y recursos minerales, Memoria Explicativa. Escala 1: 250.000. Ingeominas, Medellín, 63 p.
- González, H., & Núñez, A. (1991). Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Quindío (Escala 1: 100.000), Geología y Recursos Minerales. INGEOMINAS. Bogotá. Mem. Explic., 42 p.
- Hincapié, G. (2005). Análisis Estructural de rocas asociadas a la Falla Palestina en el sector del Corregimiento de Padua (Tolima) y la Vereda Campo Alegre, Municipio de Manzanares (Caldas). Trabajo de Grado, 86 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, D.E.
- Hincapié, G., & Camargo, G. A. (2004). Observaciones microestructurales a lo largo de la Falla de Palestina, sector de Padua, flanco este de la Cordillera Central-Colombia. Primer Congreso Latinoamericano de Sismología. Memorias en CD. Armenia, Colombia.
- Hincapié, G., & Camargo, G. A. (2005). Acerca de la nomenclatura y ambiente de formación de dos unidades de roca aflorantes en el flanco E de la Cordillera Central, sector de Padua. X Congreso Colombiano de Geología. Memorias en CD. Bogotá, Colombia.
- Ingeominas. (1984). Plancha No. 186, Riosucio, escala 1:100.000, Informe 1878. Bogotá.
- Ingeominas. (1980). Plancha No. 187, Salamina, escala 1:100.000. Bogotá.
- Maya, M & González, H. (1995), Unidades Litodémicas en la Cordillera Central de Colombia. INGEOMINAS, Bol. Geol., Vol. 35 (2-3), pp. 43-57. Bogotá.
- Mercado, M. (2004). Los Neises Miloníticos asociados al Batolito Antioqueño y al Complejo Cajamarca. Departamento de Antioquia-Colombia. Geología Colombiana No. 29, pp. 59-72.
- Mojica, J., Patarroyo, P., Camargo, G. A., & Arévalo, O. J. (2001). Sedimentitas del Aptiano Tardío en el Flanco Occidental del a Cordillera Central, Río Lejos-Pijao. Quindío- Colombia. VIII Congreso Colombiano de Geología. Memorias en CD. Manizales. Colombia.
- Ordóñez, O. (2000). Rocas en zonas de falla. Dyna No. 129, pp. 71-76.
- Paris, G., & Romero, J. A. (1994). Fallas activas en Colombia. En Boletín Geológico Ingeominas, Bogotá. Vol. 34, No. 2-3, pp. 3-25.
- Sibson, R. H. (1977). Fault Rocks and Fault Mechanisms. Journal of the Geological Society. London, Vol. 133, pp. 191-214.
- Snoke, A. W., Tullis, J. and Todd, V. R. (1998). Fault-Related Rocks – A Photographic Atlas. Princeton University Press. New Jersey. 615 p.
- Wise, D. U., Dunn, D. E., Engelder, J.T., Geiser, P. A., Hatcher, R. D., Kish, S. A., Odom, A. L., and Dchamel. S. (1984). Fault-Related Rocks: Suggestions for Terminology. Geology, 12, pp. 391-394.

Trabajo recibido: marzo 30 de 2007
Trabajo aceptado: mayo 19 de 2007