



## El Stock Granodiorítico de Córdoba, un intrusivo en el flanco occidental de la Cordillera Central de los Andes colombianos (Departamento del Quindío)

ANDRÉS CASTRILLÓN P.

*Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado Aéreo 14490, Bogotá.*

*E-mail: vaelcast@hotmail.com*

CASTRILLON, A. (2003): El Stock Granodiorítico de Córdoba, un intrusivo en el flanco occidental de la Cordillera Central de los Andes colombianos (Departamento del Quindío).- GEOLOGIA COLOMBIANA, 28, pp. 63-77, 8 Figs., 3 Tablas, Bogotá.

### RESUMEN

Se estudian macro y microscópicamente las rocas del Stock Granodiorítico de Córdoba, localizado en la Cordillera Central de Colombia, entre las poblaciones de Génova y Pijao, en el Departamento del Quindío y que aflora en su extremo meridional en las Quebradas La Maizena y Cristales en una extensión de 3 km<sup>2</sup>, al nororiente de la población de Génova. Al occidente de la zona de estudio afloran esquistos negros del Grupo Bugalagrande, rocas ultramáficas serpentinizadas, esquistos anfibólicos y anfibolitas localmente granatíferas del Complejo Rosario, y las rocas del "Complejo Quebradagrande". El cuerpo ígneo está compuesto de granodioritas que pueden variar hasta cuarzodioritas, contiene xenolitos de anfibolitas y diques de composición andesítica. Todas estas rocas han sido sometidas a procesos tectónicos originando cataclasis. Las granodioritas fueron generadas en un evento magmático de edad Cretáceo Tardío que instruyó rocas del Complejo Rosario y del "Complejo Quebradagrande" con las cuales el intrusivo actualmente este en contacto fallado al occidente. Al sur oriente el contacto con las rocas del "Complejo Quebradagrande" es intrusivo. Los xenolitos de anfibolitas en el cuerpo ígneo hacen parte de las rocas del basamento metamórfico y fueron arrastradas por el magma félsico en el momento de la intrusión. La composición química de los elementos de la hornblenda de tres muestras de xenolitos de anfibolita, obtenida con microsonda EDAX, es semejante a la composición de la hornblenda en una anfibolita granatífera obtenida del Complejo Rosario, lo cual indicaría que ambas se formaron durante el mismo evento metamórfico. De acuerdo a las observaciones de campo, las descripciones realizadas de 27 secciones delgadas y en base al análisis de la composición química por medio de la microsonda, de la hornblenda de dos xenolitos de anfibolita, de una granodiorita y de una anfibolita granatífera, se encontró que la aparente complejidad del cuerpo intrusivo se debe a la existencia de numerosos xenolitos de anfibolita, y al no ser posible identificar un segundo evento magmático o la existencia de magmas compuestos en él, se propone el nombre de Stock Granodiorítico de Córdoba para describir el cuerpo ígneo.

*Palabras Clave: Concentración de óxidos, Cordillera Central, Granodiorita, Hornblenda, Intrusivo, Stock, Xenolitos de anfibolita.*

### ABSTRACT

We show the results found to investigate macro and microscopically the Cordoba intrusive rocks located in the Central Cordillera of Colombia between Génova and Pijao villages at the Quindío's Department; the stock crops out at his meridional tip in La Maizena and Cristales gorges, in a range of 3 km<sup>2</sup>, northeast of Génova. Black schist of "Bugalagrande Group", serpentinite ultramafics rocks, amphibolic schists and Complex Rosario's amphibolites that are locally garnets, outcrops to the west as well as "Quebradagrande Complex" rocks. The igneous rocks are granodiorites that change to cuarzodiorites and comprise amphibolites xenoliths and dikes of andesitic compositions. All these rocks suffered tectonic processes that caused cataclasis. The granodiorite emplacements were generated during late

Cretaceous and intruded Rosario Complex and Quebradagrande Complex rocks with fault contact to the west. To the southwest, the contact with the Quebradagrande Complex is intruded. The amphibolite xenoliths in the intrusive body belong to metamorphic rocks from the basement and were dragged by the felsic magma in the intrusive event. Chemical composition of hornblende elements from three xenoliths of amphibolites, obtained with microsound EDAX, is similar to the hornblende compositions in garnet amphibolites that belong to Rosario Complex. These will indicate that both of them were formed during one metamorphic event. According to field data, and analysis of 27 thin sections and study of the chemical composition analysis with the microsound, the intrusive assumed complexity is due to a great deal of xenoliths of amphibolites; and because was not possible to identify a second magmatic event or the existence of magmas composites, it is proposed the name Stock Granodiorite of Córdoba for the igneous body.

**Key Words:** *Concentration of oxides, Cordillera Central, Granodiorite, Hornblende, Intrusive, Stock, Xenoliths of amphibolites.*

## INTRODUCCIÓN

La Cordillera Central de Colombia se enmarca dentro de un panorama tectónico tan complejo y enigmático, que impulsa a los investigadores a dirigir su mirada a esta vasta región montañosa del país con el propósito de entender los procesos geológicos que condujeron a la formación de las unidades que allí se encuentran.

Para el presente trabajo se examinaron las rocas ígneas del extremo meridional del Stock Granodiorítico de Córdoba, ubicado entre las poblaciones de Génova y Pijao y para el cual NUÑEZ & MURILLO (1978) asignan el nombre de "Complejo ígneo de Córdoba" y al cual ASPDEN *et al.* (1987) llaman simplemente "Complejo de Córdoba".

Para el análisis petrográfico se prepararon en los laboratorios de la Universidad Nacional, 5 secciones delgadas de las granodioritas, 6 de los xenolitos de anfíbolitas, 6 de los diques de composición andesítica y 4 de contactos entre la granodiorita y los xenolitos o los diques que hacen parte del cuerpo ígneo y que se recolectaron en las Quebradas Cristales y La Maizena y luego en el Río Azul.

Al no encontrar las dioritas reportadas inicialmente en la literatura por NUÑEZ & MURILLO (1978) y luego por McCURT (1984) y MOJICA *et al.* (2001a), y por el contrario, observar una gran cantidad de xenolitos de anfíbolitas, se intenta probar hasta qué punto, el llamado "Complejo ígneo de Córdoba" es en realidad un complejo y si está o no compuesto de dos a más eventos magmáticos como se sugiere.

Para corroborar la existencia de los xenolitos de anfíbolitas en lugar de dioritas, se realiza por medio de la microsonda electrónica un análisis semicuantitativo puntual y areal de hornblenda en cuatro muestras diferentes. Se estudiaron secciones delgadas pulidas de dos xenolitos

de anfíbolitas (secciones delgadas 2610 y 2611), de una granodiorita en contacto con un xenolito de anfíbolita (2606) y de una anfíbolita granatífera (2645). En cada sección delgada se estimó el peso porcentual de los elementos presentes en cada hornblenda.

Para este análisis se utiliza un microscopio electrónico de barrido (MEIB) con sonda electrónica microanalizadora (SEMA), Phillips Edax. El método de análisis utilizado fue por energía dispersiva (EDA), en el cual un detector registra y separa los rayos-x emitidos por cada muestra al ser sometidos a un haz electrónico de alta energía.

## LOCALIZACION

El área de estudio está localizada en la parte centro sur del flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia, correspondiente al Alto de Guacas, entre las poblaciones de Pijao y Génova, con alturas que alcanzan los 2300 m.s.n.m. El área este limitada al occidente por la Falla "Cauca-Almaguer" y al oriente por la Falla de Navarco y las rocas Paleozoicas del Grupo Cajamarca.

En las cercanías se encuentran las poblaciones de Barragán, Córdoba y Caicedonia (Valle). Se realiza la cartografía geológica a escala 1: 25.000 de la parte sur de la plancha 243-III-D que abarca el área entre las coordenadas 961.000 a 963.000 N y 1°142.500 a 1°150.000 E.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

En la zona estudiada afloran rocas Paleozoicas y Cretáceas entre las cuales se distinguen:

Al costado oriental de la Cordillera Central de Colombia, al sur de Armenia, Departamento del Quindío, con una orientación aproximada NNE, este el "Complejo ígneo de Córdoba", para el cual se propone el nombre de Stock Granodiorítico de Córdoba (kdi).



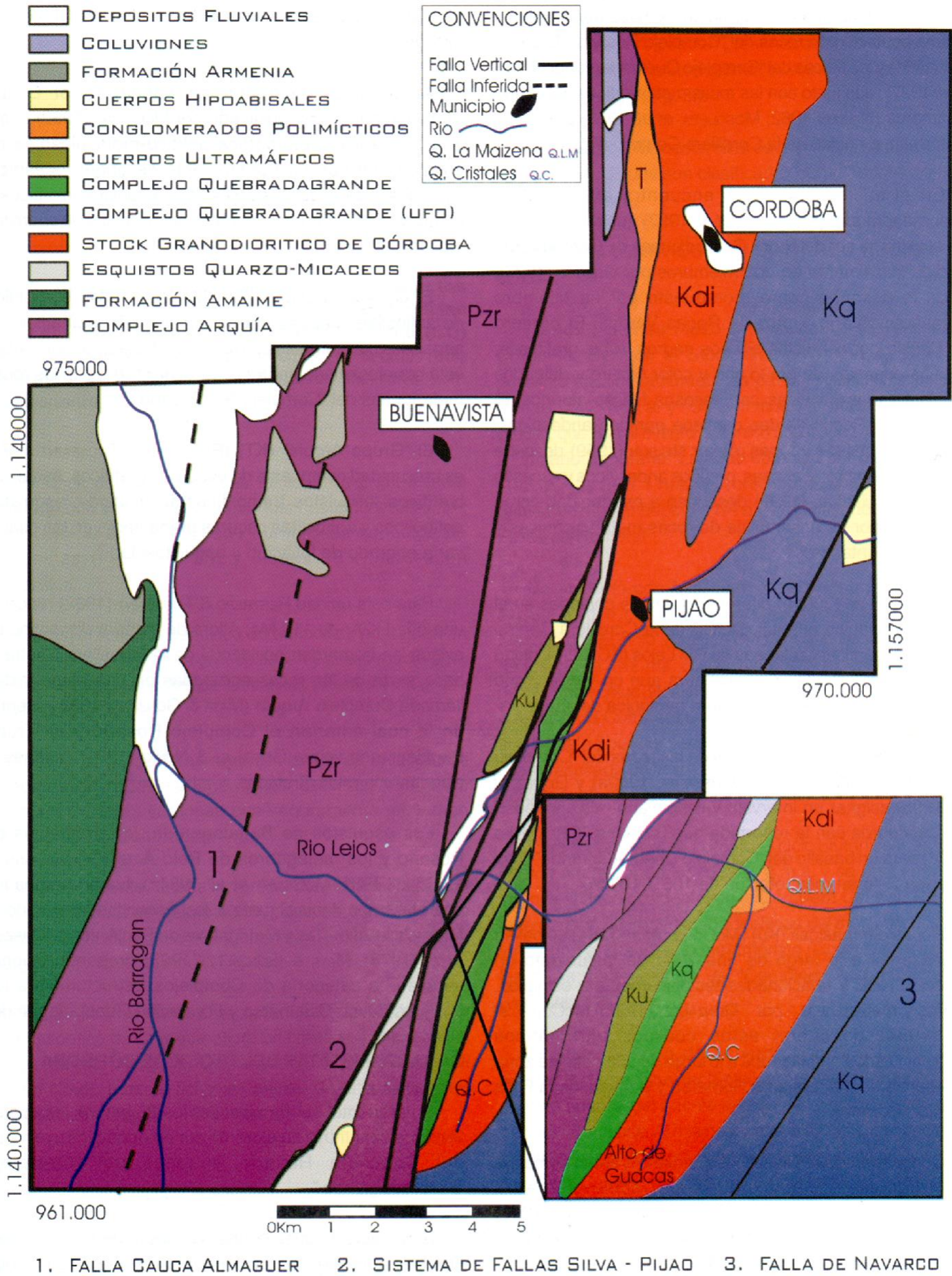


Fig. 1. Mapa geológico ilustrando las principales unidades del área, en la Cordillera Central de Colombia. Modificado de Mojica *et al.* (2001a), con la ubicación del Stock Granodiorítico de Córdoba y los Conglomerados Polimícticos.

El stock tiene una longitud de aproximadamente 28km y está en contacto con rocas del "Complejo Rosario" (ESQUIVEL *et al.* 1981) y las Rocas del "Complejo Quebradagrande" (NIVIA *et al.* 1997), que junto con las rocas metamórficas del Grupo Cajamarca (NELSON 1962; MOSQUERA *et al.* 1982) al oriente, conforman el núcleo de la Cordillera Central. (Fig. 1)

En el mismo bloque se encuentra el "Complejo Quebradagrande" (Kg) (NIVIA *et al.* 1997) que se ve intruído por el extremo sur del Stock Granodiorítico de Córdoba; fue dividido inicialmente en dos miembros por GROSSE (1926), quien lo describe como compuesto por un Miembro Metasedimentario y otro de Rocas Verdes. El primero constituido por esquistos silíceos negros, filitas grafitosas, algunas cuarcitas de grano fino y color oscuro y delgados conglomerados y calizas con escasos fósiles marinos. El Miembro de Rocas Verdes contiene pórfidos andesíticos, augíticos, diabasas y tobas. Al sur NELSON (1959) describe para este miembro: diabasas, pórfidos andesíticos y escasas picritas. NIVIA *et al.* (1997) describen a esta unidad como constituida por un ensamblaje de rocas meta-volcánicas y meta-sedimentarias.

MOJICA *et al.* (2001b) diferencian ambas unidades en el dominio geológico oriental (DGO) de la Cordillera Central como Sedimentitas Cretáceas de Rio Lejos (SCRL) y Unidad Filítica Oriental (UFO), nomenclatura aún no válida y que no contribuye a aclarar la literatura geológica del área.

El reporte de fósiles marinos en las rocas del "Complejo Quebradagrande" permite a GONZALEZ (1980a) y GOMEZ *et al.* (1995) asignar un intervalo Valanginiense—Albiano, edad que concuerda con la reportada por TOUSSAINT & RESTREPO (1978) para un basalto del "Complejo Quebradagrande" cuya datación K-Ar en roca total fue de  $105 \pm 10$  Ma.

Rocas ultrabásicas (Ku) (McCOURT *et al.* 1984) se hallan emplazadas a lo largo de una zona de fallamiento en dirección NNE y relacionadas tectónicamente a eclogitas, gabros y metagabros por GONZÁLEZ (1997); McCOURT *et al.* (1984) describen estos cuerpos ultramáficos serpentinizados emplazados a lo largo de una definida zona de fallamiento del "Sistema Romeral" y a través de la Falla de Pijao-Córdoba.

Conglomerados Polimícticos (Terciario?) están formados por fragmentos clastosoportados, subangulares a subredondeados, muy compactos y grisáceos con un 20% de matriz arenosa y compuestos por clastos de rocas intrusivas macro y microgranulares, sedimentitas oscuras, limolitas rojizas, chert, diabasas, rocas filíticas verdes y anfibolitas. MOJICA *et al.* (2001a) proponen que esta unidad, localizada en la confluencia de las Quebradas Cristales y

La Maizena se debió acumular hacia el límite Oligoceno-Mioceno.

Al costado occidental se encuentra el Grupo Bugalagrande (Pzb), postulado por McCOURT (1982) como una secuencia metamórfica pelítico-metavolcánica de composición básica, posiblemente de origen oceánico, compuesta de esquistos anfibólicos, esquistos cloríticos y esquistos grafiticos con intercalaciones locales de cuarcitas y psamitas.

El "Complejo Rosario" (Pzr) (McCOURT 1984), constituido de anfibolitas macizas que localmente son granatíferas y asociadas parcialmente con rocas ultrabásicas tectonizadas, esta correlacionado por ESQUIVEL *et al.* (1981) con las rocas meta-ígneas del "Complejo Rio Rosario".

El "Grupo Arquía" (KT) (RESTREPO & TOUSSAINT 1974) es una unidad compuesta de esquistos grafiticos, esquistos biotíticos, esquistos tremolíticos-actinolíticos, esquistos anfibólicos y anfibolitas oscuras granatíferas en las cuales varia el grado de foliación y esquistosidad.

Para esta unidad RESTREPO & TOUSSAINT (1982) reportan una edad K/Ar de 110 Ma. Aflora de manera discontinua y exigua en la margen occidental de la Cordillera Central y hace parte de las rocas agrupadas en una megaunidad llamada Complejo Arquía (MAYA & GONZÁLEZ 1995), dentro de la cual estarían el Complejo Rosario y el Grupo Bugalagrande según GONZÁLEZ & NUÑEZ (1991), quienes le asignan una edad Cretácea.

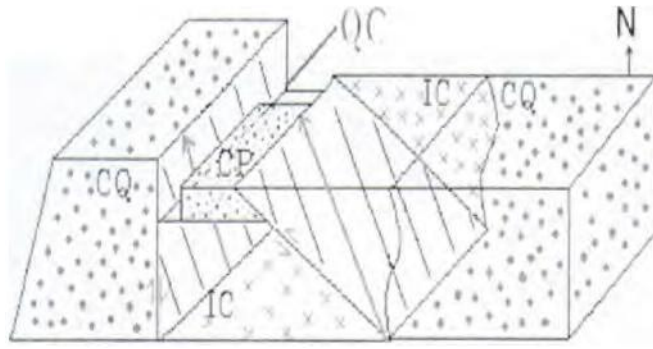
Los esquistos de Bugalagrande, las Anfibolitas de Rosario y los metagabros de Bolo Azul (GROTJOHANN & McCOURT 1981; McCOURT *et al.* 1984a), fueron agrupados con el "Grupo Arquía" junto a los Esquistos Verdes de la Mina y las Anfibolitas y Metagabros de San Antonio (ORREGO *et al.* 1976). MAYA & GONZÁLEZ (1995) proponen asignar también, la categoría de Complejos Estructurales a los antiguos Grupo Cajamarca y Formación Quebradagrande.

## CARACTERISTICAS DEL STOCK DE CORDOBA

Su área total puede alcanzar los 28 km<sup>2</sup> de los cuales 3km<sup>2</sup> los constituye su extremo sur en donde intruyen rocas del Complejo Rosario y rocas del "Complejo Quebradagrande."

El contacto del cuerpo ígneo con las rocas del "Complejo Quebradagrande" es intrusivo al suroriente, en donde xenolitos angulares de las rocas del "Complejo Quebradagrande" confirman la posterioridad del evento ígneo (Fig. 2).





**Fig. 2. Bloque diagrama mostrando los contactos fallados del Stock Granodiorítico de Córdoba con las rocas del Complejo Quebradagrande al occidente (CO) y con el Conglomerado Polimíctico (CP) en la Quebrada Cristales (QC). Observe los planos de falla y la componente de rumbo.**

El stock consiste de rocas félsicas de composición uniforme que varían de granodioritas hasta cuarzdioritas (McCOURT *et al.* 1984b), con numerosos xenolitos de anfibolitas (Fig. 3a y 3b) y diques de composición andesítica.

La mayoría de los xenolitos de anfibolitas presentes en el intrusivo son de textura granoblástica y grano medio pero también existen xenolitos de anfibolitas foliadas y de grano fino (Fig. 3c y 3d).

MOJICA *et al.* (2001a) reportan en otras localidades xenolitos de rocas sedimentarias oscuras, esquistos negruzcos y filitas verdosas que seguramente provienen del "Complejo Quebradagrande".

Al suroccidente, una falla vertical con rumbo N50E con una amplia zona de deformación, pone en contacto rocas meta-volcánicas negras del "Complejo Quebradagrande" y las granodioritas del stock (Fig. 3e).

En las laderas de la Quebrada La Maizena, el Stock Granodiorítico de Córdoba aflora en contacto fallado con el conglomerado polimíctico del Terciario. El contacto tiene un rumbo N50E, buza al SE y las estrías de falla evidencian cabalgamiento hacia el noroccidente.

## DIQUES

Corresponden a un evento subvolcánico posterior a la cristalización del cuerpo granodiorítico, posiblemente en la etapa tardía o durante un evento diferente. Los diques con un espesor máximo de 3 metros aparecen restringidos al cuerpo plutónico en donde es posible observar sus límites.

Generalmente los diques son tabulares, con contactos

bien definidos, pero pueden presentarse en forma de raíces intruyendo tanto el Plutón granítico, como los xenolitos que este trae consigo (Fig. 3f).

De acuerdo a los contenidos de hornblenda y plagioclasa andesina los diques son clasificados como andesíticos con textura porfirítica.

## EVENTOS MAGMATICOS EN EL MARCO REGIONAL Y LOCAL

De los plutones Mezo-Cenozoicos presentes en la Cordillera Central, el Stock Granodiorítico de Córdoba presenta edades radiométricas por el método K/Ar de  $83 \pm 2$  m.a.,  $77 \pm 3$  m.a. y  $58 \pm 1$  m.a. reportadas por BROOK (1984), que dan al evento plutónico una edad Cretáceo Tardío a Terciario Temprano. La edad obtenida por McCOURT *et al.* (1984a), de  $58 \pm 1$  m.a. es considerada como producto de rejuvenecimiento debido a los movimientos del "Sistema de Fallas de Romeral".

De acuerdo con McCOURT *et al.* (1984a) en el país, existieron dos ciclos plutónicos diferentes en el periodo Mesozoico. El ciclo Jurásico mas antiguo ocurrió alrededor de los 185 a 142 m.a. conformando un extensivo cinturón de plutones calco-alcalinos localizados a lo largo del flanco oriental de la Cordillera Central, que puede ser trazado hacia el sur hasta Ecuador y representa el arco plutónico formado como resultado de la subducción del suelo oceánico bajo noroccidente de Sudamérica.

Para McCOURT *et al.* (1984a) el ciclo plutónico más joven ocurrió alrededor de los 124 a 70 m.a. y se concentró a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central. Durante este periodo las rocas granodioríticas del stock de Córdoba intruyeron el basamento metamórfico (Complejo Rosario) y las rocas más recientes del "Complejo Quebradagrande". (ver Tabla 1).

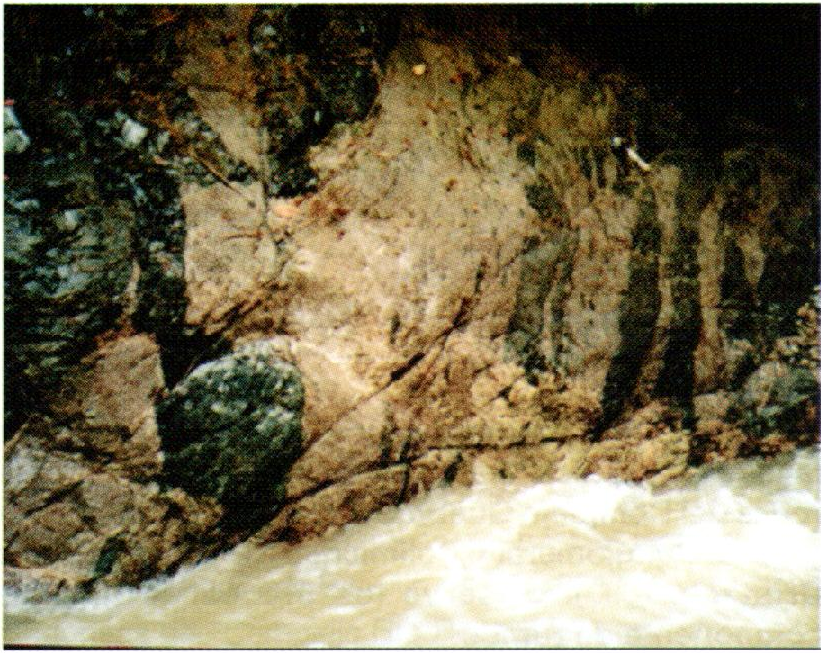
En este periodo de acuerdo con BURGL (1967) se desarrolla una fase tectónica pre-Albiana, en donde la porción oriental del oriente andino es levantada mientras la occidental subside. Al mismo tiempo, a profundidad comienza la intrusión de plutones granodioríticos y tonalíticos de la Cordillera Central (100-115 m.a., BOTERO 1963) que terminara al final del Cretáceo.

Luego de la actividad plutónica Triásico-Jurásico restringida, de acuerdo con ALVAREZ (1983), a la Cordillera Central, comienza regionalmente la intrusión de cuerpos granodioríticos y dioríticos en forma concordante con el

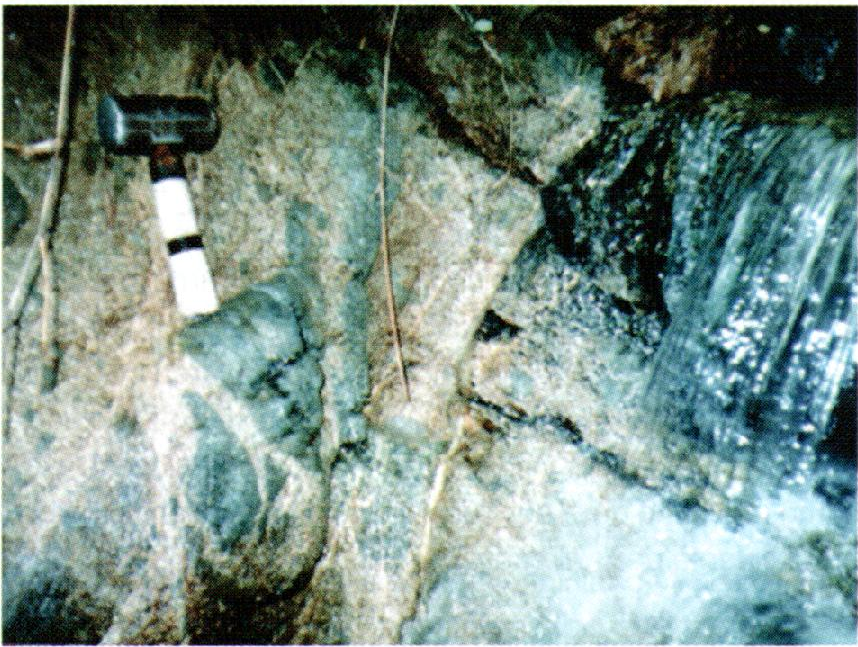




a



b



c



d



e



f



**TABLA 1**  
**Edades radiométricas de las rocas intrusivas del Complejo Diorítico Santa Rosa- Córdoba**

No Muestra	Unidad	Material		At(%)	Vol. Rad40 Ar. (nl/g)	Edad y Error Ma.
566	Kdi	Hornblenda	0.110	64	0.354	81 + 5
567	Kdi	Hornblenda	0.170	50	0.638	90 ± 4
568	Kdi	Hornblenda	0.273	53	1.451	132 ± 6
574	Kdi	Hornblenda	0.598	33	1.975	83 ± 2
580	Kdi	Hornblenda				79 ± 4
580	Kdi	Biotita			-	72 + 2

Dataciones K/Ar tomadas de Brook. M (1984). Las muestras se obtuvieron al oeste de Pijao y en el Rio Azul.

rumbo de las estructuras andinas; durante este periodo el stock de Córdoba invade rocas presumiblemente Paleozoicas (NELSON 1959) y sedimentos Cretáceos.

El cuerpo presenta una forma alargada en sentido NNE-SSW, que concuerda regionalmente con el rumbo de las estructuras que la limitan y es afectado por el " Sistema de Fallas Silvia-Pijao".

Según ASPDEN *et al.* (1987), existía luego un plutonismo Neógeno, restringido a una zona angosta del flanco oriental de la Cordillera Central cercano a las Fallas de Ibagué y Palestina y que forma pequeños cuerpos de granodioritas y tonalitas que reportaron una edad radiométrica de  $27 \pm 2$  a  $49 \pm 1,7$  m.a por el método K/Ar.

Finalmente, para el periodo Maastrichtiano-Eoceno temprano ÁLVAREZ (1983), sugiere la posibilidad de un intenso plutonismo granitoide en la porción septentrional y central de la Cordillera Central durante el periodo orogénico, que acentúa la compresión de los pliegues paleozoicos deformando las secuencias Cretácicas.

## PETROGRAFIA

Al estudiar la petrografía de las rocas que componen el stock de Córdoba, se analizó un número limitado de muestras tomadas para el análisis petrográfico pero dichas muestras

fueron seleccionadas entre las más representativas del total de ejemplares obtenidos en campo y analizados en los laboratorios de la Universidad Nacional según las clasificaciones de STRECKEISEN (1973) para rocas ígneas y de WINKLER (1979) y TURNER (1981) para rocas metamórficas.

Dentro del intrusivo las rocas analizadas presentan variedades petrológicas entre las cuales se destacan: las granodioritas, los xenolitos de anfibolitas y los diques de composición andesítica.

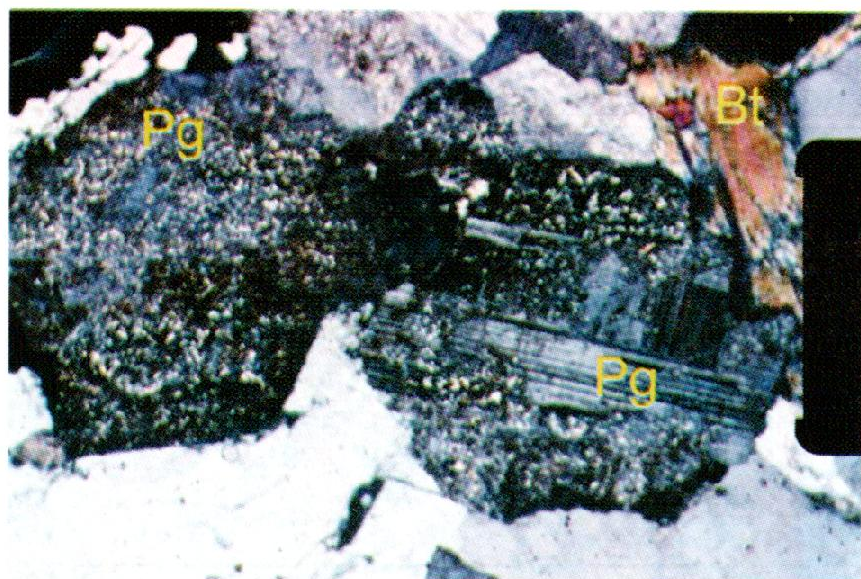
Las granodioritas son masivas, con textura fanerítica y tamaño de grano medio y equigranular, de color blanco a amarillo clara, con tonalidades rosadas y cristales verdes. Están compuestas de plagioclasa, cuarzo, ortoclasa, hornblenda y biotita (Tabla 2).

Los análisis petrográficos mostraron una plagioclasa andesina, anhedral a subhedral y variablemente sericitizada que constituye entre el 22 y 68% de la roca (Fig. 4a). Los cristales varían entre 0.3 y 3mm y presentan texturas mirmequíticas, La ortoclasa, en ocasiones escasa, es subhedral y constituye entre el 10 y 25% de la roca.

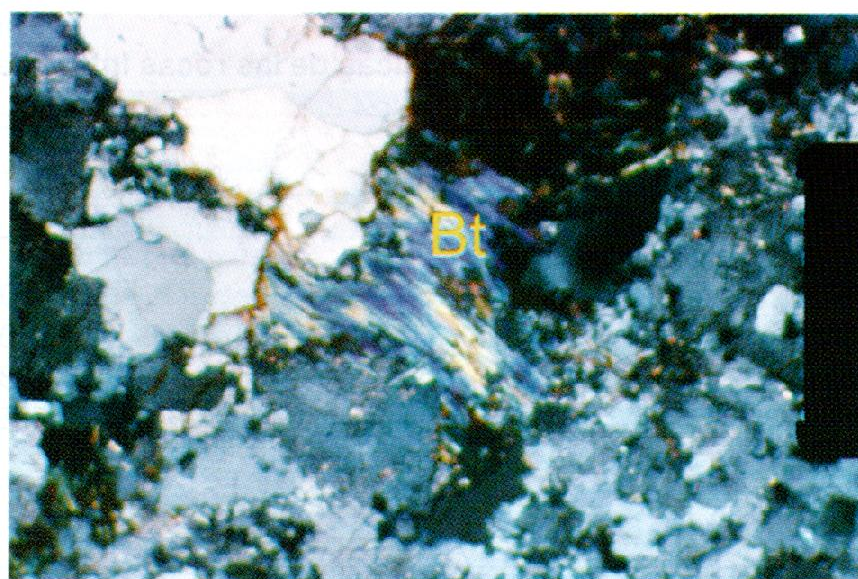
El cuarzo ocupa entre el 20 y 40% y se presenta como agregado de cristales anhedrales con texturas de intercrecimiento (Fig. 4b). La hornblenda ocurre como cristales irregulares y constituye el 3% de la roca (Fig. 4c).

**Fig. 3. A) Brecha de contacto en la que fragmentos angulares de las anfibolitas (color oscuro) están embebidos en la granodiorita. Foto orientada al sur, en la Quebrada Cristales. B) Xenolitos de anfibolita (color oscuro) en la Quebrada La Maizena. Foto orientada al occidente. C) xenolitos de anfibolita de grano grueso en la Quebrada Cristales. Foto orientada al occidente y D) Xenolito de anfibolita foliada en un afluente de la Quebrada Cristales. Foto orientada al sur. E) Contacto fallado entre las granodioritas y rocas del "Complejo Quebradagrande". Foto orientada al norte, en uno de los afluentes occidentales de la Quebrada Cristales. F) Xenolito de anfibolita intruído por un dique y posteriormente fallado. Foto orientada al este en la Quebrada Cristales.**

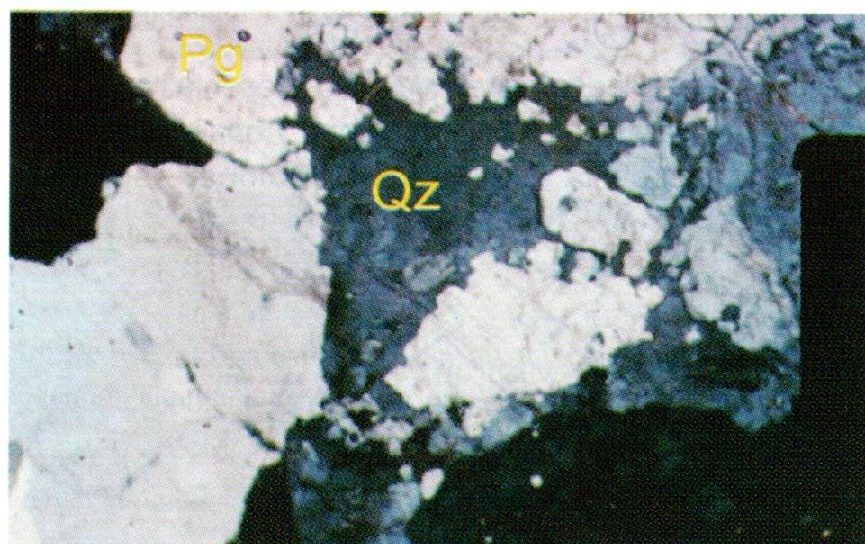




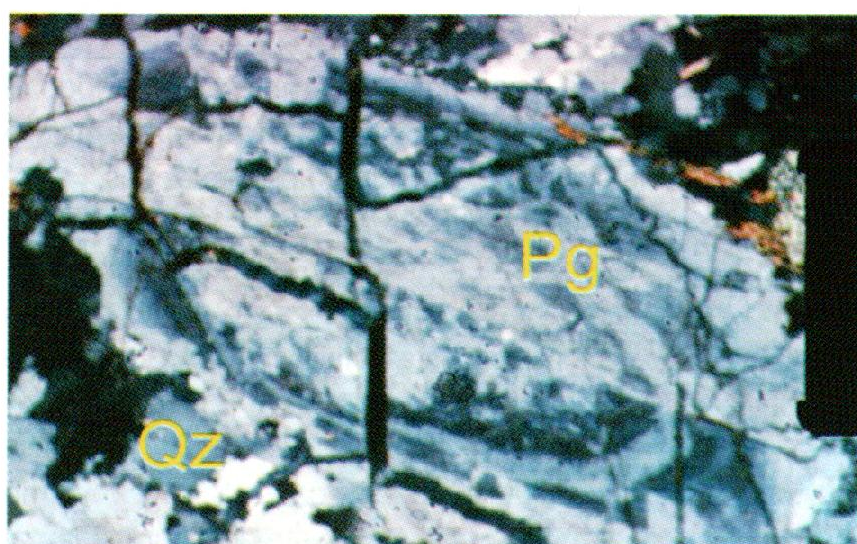
a) Sección delgada 2616



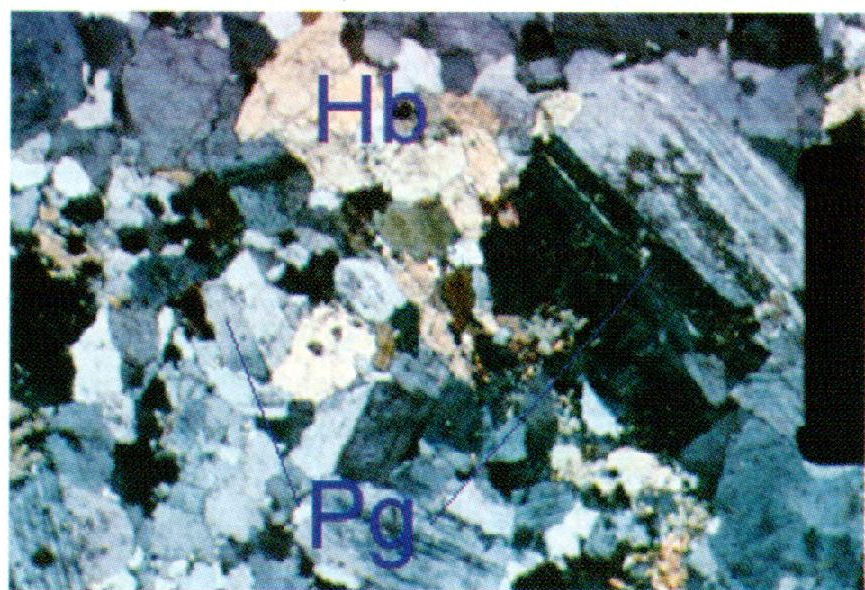
d) Sección delgada 2609



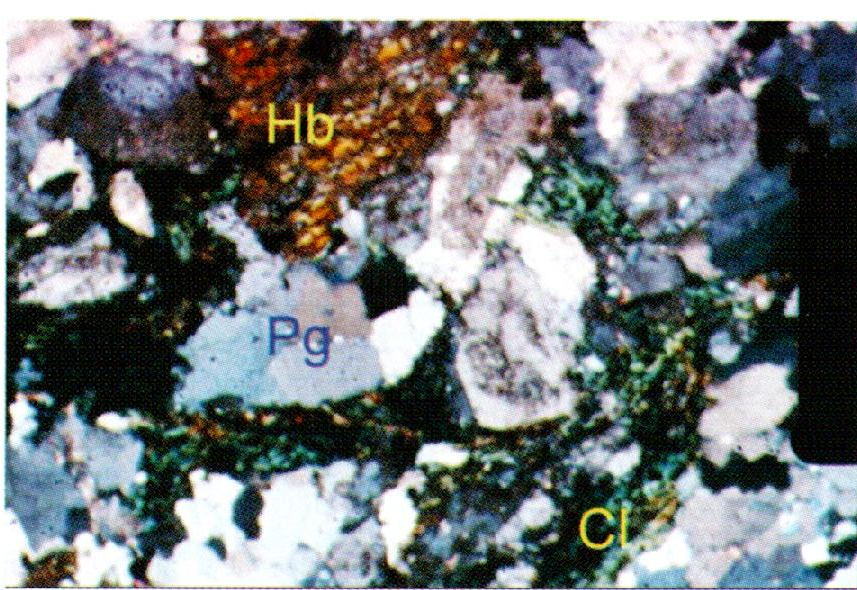
b) Sección delgada 2616



e) Sección delgada 22601



c) Sección delgada 2606



f) Sección delgada 2610

**Fig. 4.** a) Plagioclases anhedrales sericitizadas y biotita cizallada. b) Textura de intercrecimiento del cuarzo en la plagioclase. c) Hornblenda en la granodiorita y plagioclases subhedrales sericitizadas. d) Biotita cizallada y cloritizada (deslizamientos intercristalinos). e) Plagioclase anhedral zonada y fracturada por cataclasis. f) Hornblenda en la granodiorita y clorita cizallada entre las fracturas. Nícoles cruzados 4x. Barra de escala = 2mm.



**TABLA 2**  
**Clasificación de las rocas del stock granodiorítico de Córdoba**

Clasificación	Textura	Mineralogía Primaria	Patrón de Alteración
Granodiorita	Holocristalina, Hipidiomórfica, Grano medio.	Plagioclasa (andesina) ortoclasas zonadas, cuarzo, hornblenda, biotita y opacos.	Ortoclasas caolinizadas y plagioclasas sericitizadas.
Xenolitos de anfibolitas	Holocristalina Granoblástica Grano medio o Foliada Grano fino.	Hornblenda, plagioclasa (andesina-labrodorita), biotita laminar, epidota, circones y esfenas.	Plagioclasas sericitizadas o caolinizadas. Adularia cortando plagioclasas y Hornblenda (Hidrotermal).
Diques de composición andesítica	Hipidiomórfica, Porfirítica, Grano fino.	Plagioclasa (andesina), hornblenda, biotita laminar.	Plagioclasas sericitizadas y caolinizadas.

Secciones delgadas : (2597, 2601, 2608, 2609, 2616) Granodioritas, (2595, 2610, 2611, 2612, 2619) xenolitos de anfibolitas y (2598, 2599, 2600, 2615) Diques de composición andesítica.

La biotita se encuentra cizallada y deformada y en la mayoría de los casos entre fracturas; de lo contrario es laminar; constituye el 3% de la roca (Fig. 4d) y está cloritizada (Fig. 4f).

Los cristales de plagioclasa también evidencian procesos cataclásticos y están fracturados (Fig. 4e).

Los xenolitos de anfibolitas alcanzan los 2 metros de diámetro; son de color verdoso aunque dicho color depende de la concentración de hornblenda. Se presentan de grano medio y textura granoblástica (Fig. 5a) y de grano fino y textura foliada (Fig. 5h). Los xenolitos de anfibolitas están compuestos de hornblenda, plagioclasa y de ocasionalmente biotita y epidota.

La hornblenda característica es subhedral a anhedral y constituye del 45 al 75% de la roca con tamaños que varían entre 1 y 2mm. La plagioclasa se presenta en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños que varían entre 1 y 2.5mm; se trata de andesina-labradorita, que presentan usualmente maclas de Carlsbad-Albita. La biotita en las rocas de grano medio no supera el 2% de la roca mientras las anfibolitas de grano fino son foliadas y contienen epidota. En los xenolitos de grano fino la biotita está orientada y acompañada de xenocristales de plagioclasa (Fig. 5d). En las rocas de grano medio la biotita se encuentra cizallada y deformada. La esfena es común en ambas muestras.

Los diques de composición andesítica alcanzan los 3 metros de ancho; la roca es de color verde oscuro y textura

porfirítica. Las andesitas están compuestas esencialmente por hornblenda y plagioclasa.

Los tamaños de los fenocristales de plagioclasa y hornblenda varían de 1 a 3mm. (Fig. 5c). La matriz es de grano fino y constituida por plagioclasa andesina subhedral a anhedral y hornblenda, con tamaños que varían entre 0.02 y 0.2mm y constituyen del 22 al 60% de la roca. (Fig. 5f).

El análisis petrográfico de los contactos entre la granodiorita y los xenolitos de anfibolita muestra que estos son netos y en la Fig. 5b se observa un xenolito de anfibolita de textura fina (izq.), en contacto con la granodiorita textura gruesa (der.).

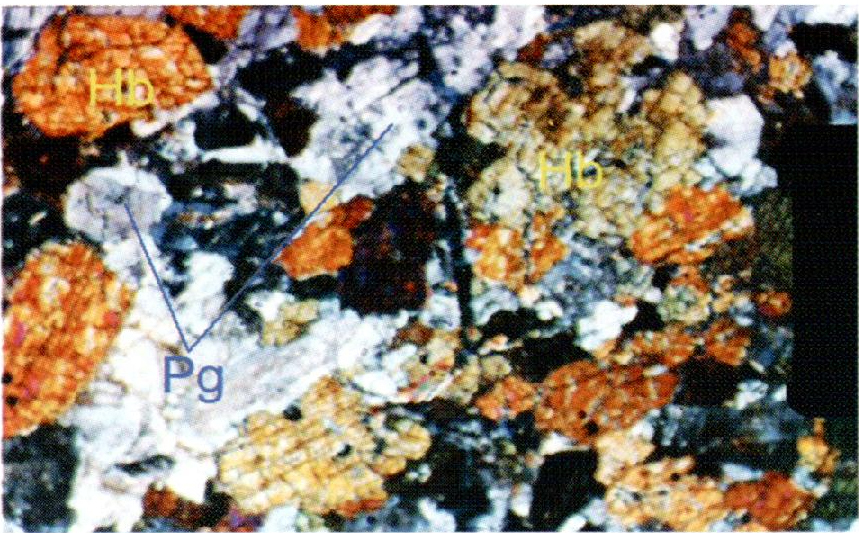
En la Fig. 5e también es posible reconocer la textura foliada de un xenolito de anfibolita en la granodiorita.

#### ANÁLISIS DE MICROSONDA

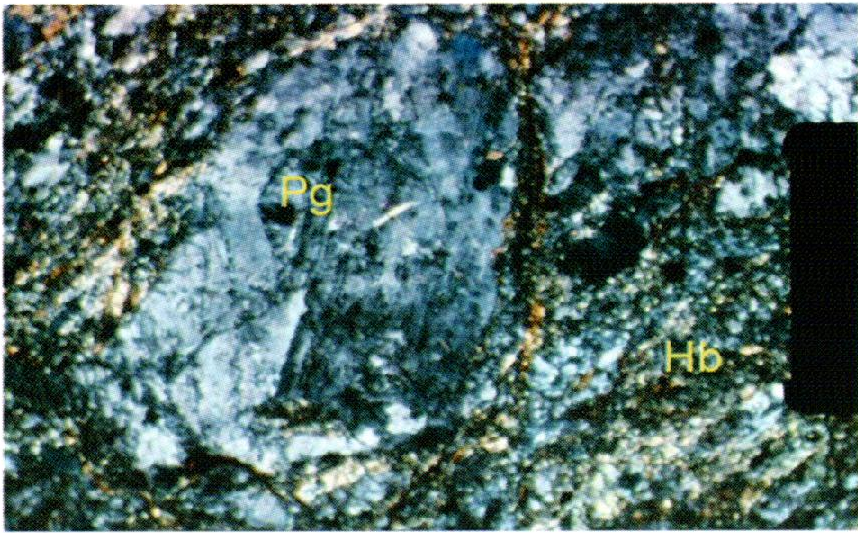
Por medio de la microsonda Edax se realizó el análisis porcentual de Oxidos para la hornblenda de dos xenolitos de anfibolitas (secciones delgadas 2610 y 2611), la de una granodiorita en contacto con un xenolito de anfibolita (2606) y la de una anfibolita granatífera perteneciente al Complejo Rosario (2645).

Los espectros obtenidos para cada muestra determinan la concentración de los elementos constituyentes de la hornblenda en cada una. (Figs. 6 y 7)

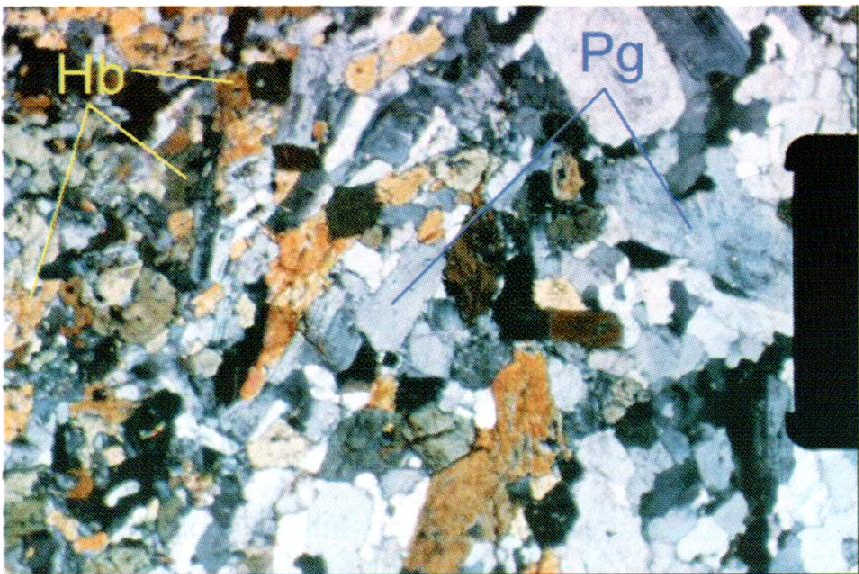




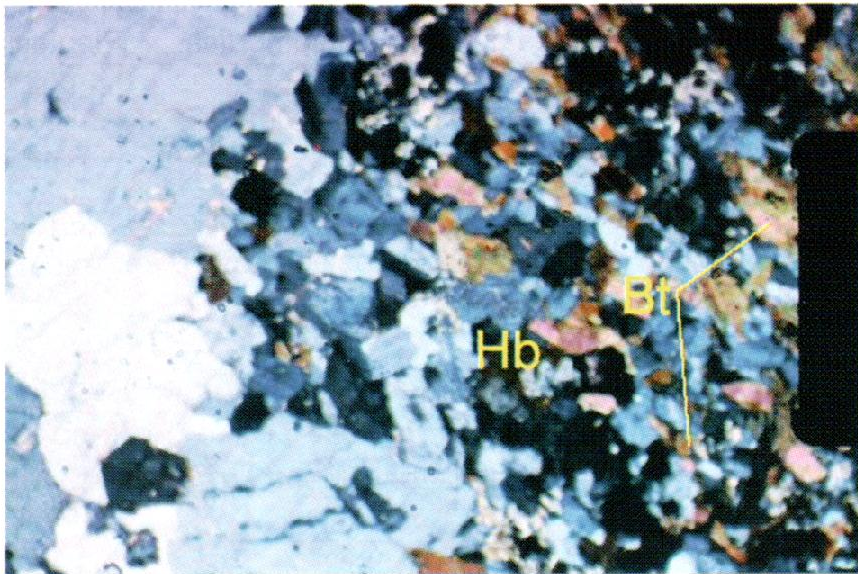
a) Sección delgada 2595



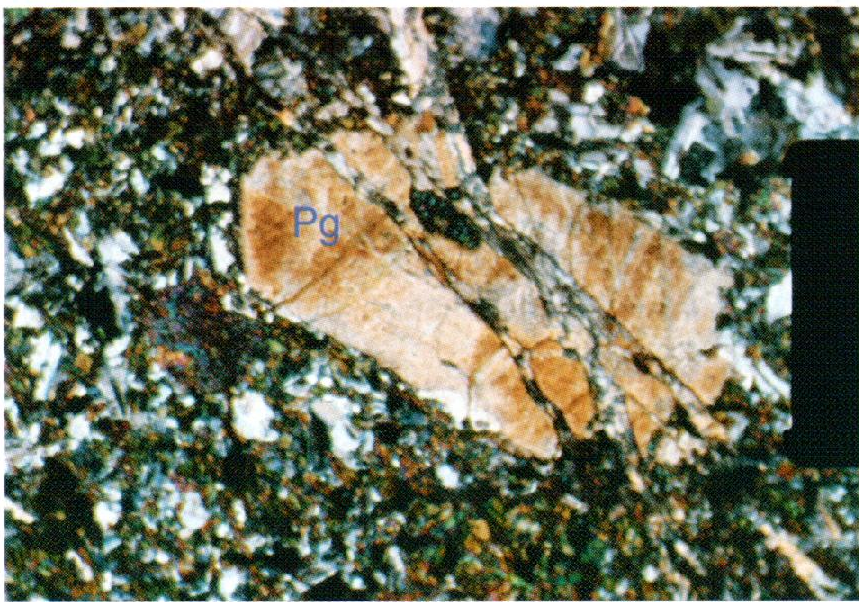
d) Sección delgada 2611



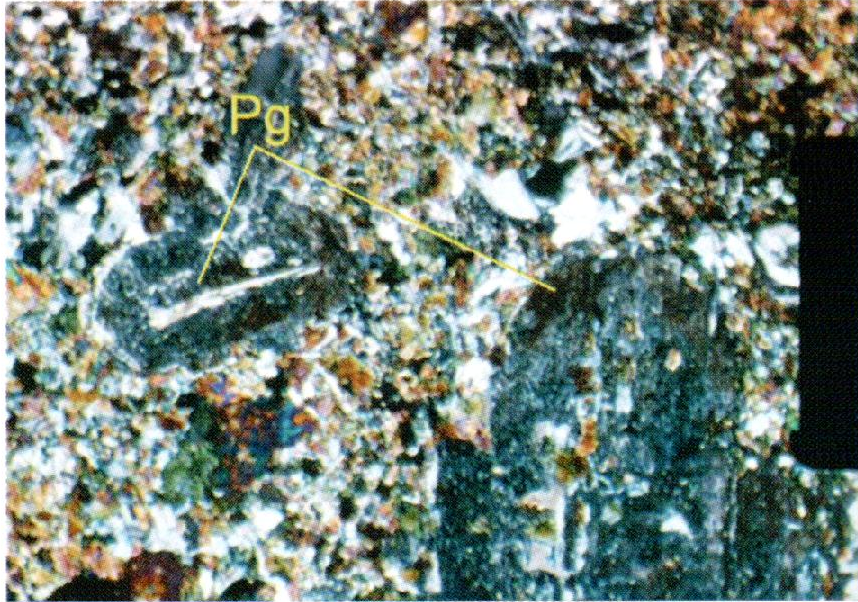
b) Sección delgada 2606



e) Sección delgada 2617



c) Sección delgada 2598



f) Sección delgada 2598

**Fig. 5. a) Hornblenda y plagioclasa en un xenolito de anfibolita. Textura granoblástica. b) Zona de contacto entre un Xenolito con textura fina (izq.) y la granodiorita, textura gruesa (der.) c) fenocristales de plagioclasa en los diques. La plagioclasa esta zonada y tiene inclusiones de la hornblenda del estado de crecimiento inicial. d) Xenocrystal de plagioclasa en xenolito de anfibolita de grano fino y textura foliada. e) Xenolito de anfibolita foliada (der.) en contacto con la granodiorita (izq.) f) Fenocrystal de plagioclasa en andesita, observe el fracturamiento. Nicoles cruzados 4x. Barra de escala = 2mm.**



Las determinaciones puntual y areal, realizadas usando un haz de energía de 30kv, permiten determinar que los constituyentes de la hornblenda son:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{Cl}_2\text{O}$  y cuya fórmula química general de acuerdo con PROCTOR *et al.* (1991) es  $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg},\text{Fe})_4(\text{AlFeTi})_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{O},\text{OH})_2$ .

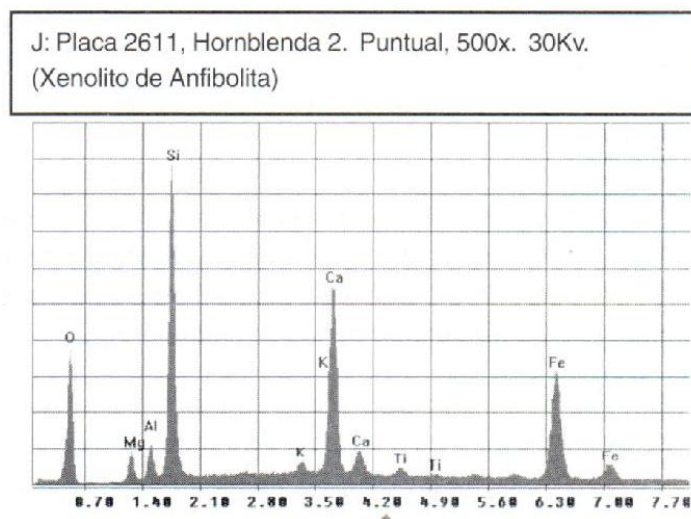
Los resultados muestran una similitud en los porcentajes de óxidos que constituyen la hornblenda de los xenolitos de anfibolita cuyos valores promedio son: 44.99% de  $\text{SiO}_2$ , 7.3% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 23.75% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4.12% de  $\text{MgO}$  y 1.56% de  $\text{TiO}_2$ , (Fig. 6) con los valores de la hornblenda que hace parte de la anfibolita granatífera (Fig. 7) (Tabla 3).

Dicha similitud en la composición porcentual de ambas hornblendas permite pensar que ambas rocas se formaron durante el mismo evento metamórfico y que este condujo a la formación del Complejo Rosario.

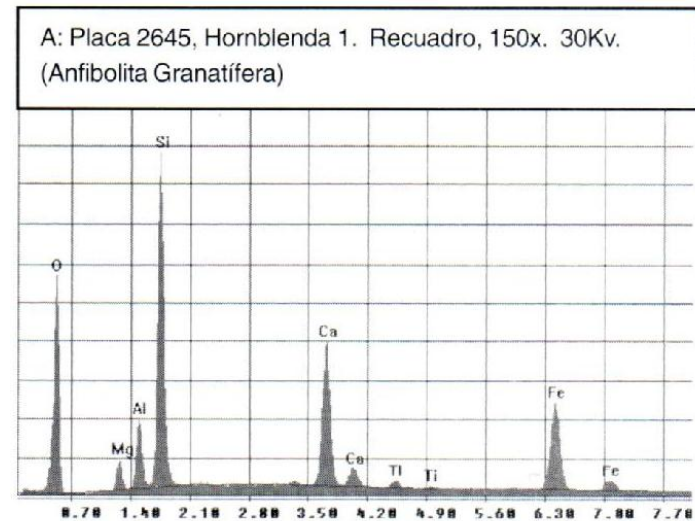
A diferencia de estos valores, el porcentaje de óxidos constituyentes de la hornblenda de la granodiorita muestra que esta roca no contiene  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  ni  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , (este último por superar el porcentaje de error del aparato) y por el contrario, es una roca con altos porcentajes de  $\text{SiO}_2$  (63%) y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (20.07%).

Esta diferencia corrobora la teoría de una hornblenda (armada en la granodiorita en un ambiente tectónico diferente al metamórfico, o como se sugiere durante el evento magmático Meso-Cenozoico que condujo a la formación del Stock Granodiorítico de Córdoba.

De acuerdo con los resultados presentados por CASTRILLON (2002), la similitud existente entre los espectros de la hornblenda de los xenolitos de



**Fig. 6. Espectro que muestra la composición de la hornblenda de un xenolito de anfibolita**



**Fig. 7. Espectro que muestra la composición de la hornblenda en la anfibolita granatífera**

anfibolitas y la hornblenda que hace parte de las anfibolitas granatíferas del Complejo Rosario permite plantear que estas rocas, con las cuales el intrusivo está actualmente en contacto fallado al occidente, fueron arrastradas por el magma granodiorítico en el momento de la intrusión y se conservan como xenolitos dentro del stock (Fig. 8).

Posiblemente estas rocas han sido confundidas con dioritas al no observar unas relaciones de campo claras, pero corresponden efectivamente a rocas del basamento metamórfico que en el momento de la intrusión fueron arrastradas por el magma.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Granodiorita

Luego del análisis macro y microscópico de las rocas del stock de Córdoba, se puede decir que las granodioritas están compuestas de plagioclasa, ortoclasa y cuarzo y acompañadas por hornblenda y biotita, y que estas rocas se emplazaron en una zona en la cual la roca encajante dominante era ante todo anfibolítica e incluía fragmentos de esta roca.

La petrografía reveló que el cuerpo ígneo presentó cambios en sus condiciones termodinámicas durante la cristalización y estos cambios son revelados por las texturas zonadas de las plagioclasas que muestran un descenso de temperatura lento que para HIBBARD (1995), en plagioclasas de composición intermedia andesina-oligoclasa, significa que existe una alteración sericitica que muestra cómo se conservan partes más cálcicas en las plagioclasas, mientras el magma se enriquece progresivamente de albita a consecuencia de la pérdida de calor.



**TABLA 3**  
**Cuadro comparativo de óxidos para cada una de las hornblendas analizadas**

Sección / % Óxidos	2645 AG	2610 X	2611(1) X	2611(2) X	2606(1) X	2606(3) G
SiO <sub>2</sub>	50.76	49.66	38.52	48.35	43.42	63.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.92	10.12	5.56	5.29	8.23	20.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.15	19.36	31.04	20.84	23.78	0.45
MgO	5.25	5.21	3.35	5.46	2.48	
MnO			0.74	0.55	0.80	
TiO	1.06	1.19	2.41	0.98	1.69	
CaO	13.85	14.47	16.11	17.62	17.24	14.81
KO			1.97	0.93	2.10	0.57
NaO					0.25	1.10
Cl <sub>2</sub> O			0.29			

Nota: Los valores grises superan el error interno de los análisis y se considera que no hacen parte de la composición química de la hornblenda. Xenolitos de anfibolitas (X), granodiorita (G) y anfibolita granatífera (AG).

Pequeñas inclusiones de cuarzo en los bordes de las plagioclasas y el feldespato potásico sugieren también un cambio en las condiciones termodinámicas; y posiblemente, son el resultado de una cristalización intergranular muy tardía o quizás, aumento el enfriamiento facilitando un mayor rango de nucleación del cuarzo. Las texturas mirmequíticas pueden

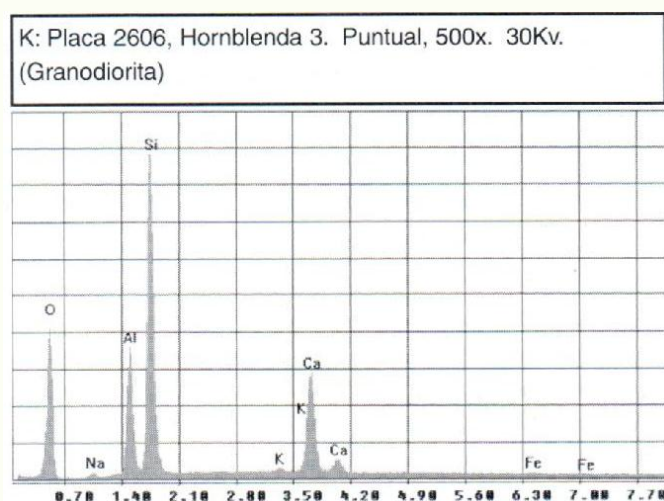
representar este hecho, o sugerir de acuerdo con HIBBARD (1995), una reacción entre el feldespato potásico y la plagioclasa que permitió que cristalizaran en su estado magmático inicial.

La escasa presencia de hornblenda en las granodioritas y la ausencia de ortopiroxenos y clinopiroxenos indican, de acuerdo con BOWEN (1928), que el sistema magmático es félsico, que las hornblendas cristalizan durante el evento ígneo que intruye rocas preexistentes incorporando material del basamento metamórfico Paleozoico (?) y que por lo tanto, la hornblenda de las anfibolitas es de diferente composición.

La ausencia de texturas poiquilíticas en las escasas hornblendas presentes en algunas granodioritas, indican según HIBBARD (1995), que está creció en equilibrio con el magma y no es remanente de la roca metamórfica.

### Anfibolitas

Se encuentran como xenolitos dentro de: cuerpo ígneo y de acuerdo a la petrografía y las relaciones en campo, estos no son asimilados por el magma granodiorítico conservan sus texturas granoblásticas y foliadas.



**Fig. 8. Espectro de la hornblenda de la granodiorita.**  
**Obsérvese la composición de esta hornblenda,**  
**diferente a las anteriores**



El análisis porcentual de Óxidos realizado en la hornblenda de tres xenolitos de anfibolitas (secciones delgadas 2610, 2611 y 2606) y la hornblenda de una anfibolita granatífera (2645) del "Complejo Rosario"; mostraron una similitud en los porcentajes de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$ , razón por la cual se presume que todas fueron generadas durante un mismo evento metamórfico.

Los mismos análisis mostraron que la hornblenda de la granodiorita es diferente y por lo tanto no hay asimilación de esta por parte del magma.

El análisis petrográfico confirma este hecho y muestra en los contactos entre la granodiorita y los xenolitos de anfibolita, que no hay mezcla entre la plagioclasa de grano grueso y la asociación hornblenda-plagioclasa-biotita de grano fino.

La abundancia de xenolitos en el stock muestra que estas rocas, originadas por un metamorfismo regional de grado moderado a alto, anterior al evento magmático que las incluye, no son finalmente asimiladas por el magma félsico.

Solo si el magma fue inicialmente supercalentado e incluye un incremento progresivo del contenido de  $\text{H}_2\text{O}$ , se podría plantear la existencia de un período de asimilación de la hornblenda metamórfica por parte del magma y que sería objeto de futuros estudios.

#### **Diques porfiríticos**

Las texturas porfiríticas de las andesitas con una matriz compuesta por hornblenda y plagioclasa y fenocristales de plagioclasa, evidencian dos estados de cristalización que de acuerdo con HIBBARD (1995), son texturas causadas inicialmente por un rápido enfriamiento que incrementa drásticamente el rango de nucleación y forma los cristales pequeños de la matriz y luego un enfriamiento lento que genera los fenocristales.

Las texturas microscópicas muestran también plagioclasas zonadas y sericitizadas comprobando cambios que producen inestabilidad en el proceso de cristalización. Además, procesos sobreimpuestos de cataclasis, fracturan los cristales e indican que esfuerzos dinámicos posteriores afectaron mecánicamente la roca ya cristalizada.

Según las relaciones de campo, los diques están restringidos al cuerpo ígneo, están fallados y tienden a presentarse en una dirección oriente-occidente.

Los diques cortan la roca ígnea y los xenolitos de anfibolita que esta trae consigo y pueden haber ascendido

a lo largo de fracturas producidas por las tensiones en el momento de la intrusión durante un evento subvolcánico posterior, que puede darse en la etapa final de cristalización del magma o en un periodo diferente.

#### **COMPLEJO IGNEO O STOCK GRANODIORÍTICO DE CORDOBA**

A la luz de las evidencias encontradas en campo, de la descripción petrográfica de las granodioritas, los xenolitos de anfibolitas y los diques de composición andesítica, y con los análisis de microsonda de la composición química de las hornblendas de cuatro rocas presentados en este trabajo, se pone en duda la complejidad del intrusivo de Córdoba y por lo tanto el nombre postulado por NÚÑEZ & MURILLO (1978) para esta unidad.

Luego de observar las relaciones de campo del intrusivo, de haber realizado el control petrográfico de las muestras más representativas y de los respectivos análisis de la composición química de la hornblenda, de los xenolitos de anfibolita y la hornblenda de la anfibolita granatífera, se concluye que se trata de rocas metamórficas y que posiblemente algunas de las dioritas descritas inicialmente por NÚÑEZ & MURILLO (1978) y reportadas por McCOURT (1984) y MOJICA *et al.* (2001a) como parte del intrusivo y para las cuales no reportan relaciones de campo claras, correspondan a las anfibolitas descritas en este trabajo.

El hecho de estar conformado por un solo evento magmático de composición granodiorítica, hace pensar que en realidad existió una sola intrusión; que no existieron intrusiones múltiples, mixtas o diferenciadas y que ni los diques ni los esfuerzos compresivos posteriores alteraron el intrusivo contundentemente para asignarle un nombre diferente.

#### **CONCLUSIONES**

El Stock Granodiorítico de Córdoba este conformado por rocas ígneas generadas en un solo evento magmático que intruyó anfibolitas de la corteza continental (Complejo Rosario) y metasedimentos del Cretáceo (Complejo Quebradagrande).

Dicho stock, se genera durante un evento magmático de edad Cretácico Tardío y se compone de granodioritas que pueden variar hasta cuarzodioritas.

El stock está en contacto tectónico al occidente, a lo largo de una falla vertical con rumbo N50E, con el "Complejo



Quebradagrande". Al sur el contacto es intrusivo y al oriente se presenta ante todo intrusivo, excepto en la Quebrada La Maizena en donde se observe fallado.

El contacto meridional del Stock Granodiorítico de Córdoba con las rocas preexistentes, que se encuentra en el mapa geológico de Colombia, escala 1:100.000, plancha 243, realizado por McCOURT *et al.* (1984b) debe ser extendido al sur hasta la Quebrada Cristales en donde aflora el cuerpo ígneo en una extensión no superior a 0.5 km, en contacto con rocas del "Complejo Quebradagrande".

La hornblenda presente en las granodioritas y que carece de texturas poiquilíticas, debió crecer en equilibrio con el magma y no es derivada de las anfibolitas pues la composición de ambas es diferente.

Esta diferencia permite descartar la existencia de dioritas en el cuerpo ígneo y corrobora la presencia de xenolitos de anfibolitas.

El posible proceso de asimilación total con material del basamento metamórfico por parte del magma no se llevó a cabo y la granodiorita contiene xenolitos de anfibolitas.

De acuerdo con resultados de CASTRILLÓN (2002), la supuesta complejidad del cuerpo ígneo se debe a la existencia de numerosos xenolitos de anfibolitas y como no hay evidencias de un segundo evento magmático que conforme el cuerpo intrusivo, es mejor denominarlo Stock Granodiorítico de Córdoba.

## RECOMENDACIONES

Es necesario realizar más análisis con sonda electrónica microanalizadora, de la composición química de la hornblenda de los xenolitos de anfibolitas y las granodioritas en otras localidades del intrusivo.

## REFERENCIAS

- Álvarez A. J. (1983): Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y Petroquímica de los Intrusivos Granitoides Mesozoicos.- Boletín Geológico, Vol. 26. No. 2. p. 1-175, Ingeominas. Bogotá.
- Aspden J. A.; McCourt W. J. & Brook, M. (1987): Geometrical Control on Subduction-related magnetism: The Mesozoic and Cenozoic Plutonic History of Western Colombia- Journal of the Geological Society, London, 144, pp. 893-905, UK
- Bowen, N. L. (1928): *The Evolution of the Igneous Rocks*.- Princeton, NJ, Princeton University Press.
- Bolero, A. (1963): Contribución al Conocimiento de la Geología de la zona Central de Antioquia.- Males Facultad de Minas, No. 57, 101 p., Medellín.
- Brook, M. (1984): New Radiometric Age data from S.W. Colombia.-

Ingeominas. Miston Britanica {British Geology Survey), Report 10. Cali, Colombia.

- Burgl, H. (1976): The Orogenesis in the Andean System of Colombia.- Tectonophysics, 4 (4-6), pp. 429-443, Bogotá.
- Castrillón, A. (2002): Contribución al conocimiento del "Complejo Ígneo de Córdoba, en su extremo meridional, Departamento del Quindío (Trabajo de Grado).- 80 p., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ezquivel J.; Florez, D.J. & Nunez, A. (1981): Anfibolitas Granatíferas, Esquistos Anfibólicos y Rocas Máficas y Ultramáficas al Este de Buga-Palmira, Valle. Colombia.- Tercer Congreso Colombiano de Geología, Resúmenes. p. 40-41, Medellín.
- Gómez, A de J.; Moreno, M. & Pardo, A. (1995): Edad y Origen del Complejo Metasedimentario de "Aranzazu Manizales" en los alrededores de Manizales (Departamento de Caldas, Colombia).- Geología Colombiana, No 19, p 83-93. Bogotá.
- González. H. (1980): Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina).- Boletín Geológico, Ingeominas, 23/1, 174 p., Bogotá.
- (1997): Metagabros y Eclogitas Asociadas en el Área de Barragán. Departamento del Valle, Colombia.- Geología Colombiana, No 22, Bogotá.
- González, H. & Nuñez, A. (1991): Mapa Geológico generalizado del Departamento del Quindío (Escala 1:100.000). Geología y Recursos Minerales.- Memoria Explicativa, p. 1-42, Ingeominas, Bogotá.
- Grosse, E. (1926): *El Terciario Carbonífero de Antioquia*.- 361 p., Berlín, Dietrich Reimer.
- Grotjohann, H. & McCourt, W. J. (1981): Resultados de los Trabajos Corrientes de la Cartografía Geológica Regional del Departamento del Valle (Cordillera Central).- III Congreso Colombiano de Geología, Resúmenes, 34 p., Medellín.
- Hibbard, M. J. (1995): *Petrography to Petrogenesis*.- 587 p., Prentice Hall, New Jersey.
- Internacional Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS — International Commission on Stratigraphy (1994).- International Stratigraphic Guide, 2nd ed., 214 p., Amos Salvador. editor, Colorado.
- Maya, M., & González H. (1995): Unidades Litodémicas en la Cordillera Central de Colombia.- Boletín Geológico, Vol 35.. No.1, Ingeominas, Bogotá.
- McCourt, W.J., (1982): Aspectos del Metamorfismo y Tectonismo Regional de la Cordillera Central, Departamento del Valle del Cauca.- IV Congreso Colombiano de Geología, Resumen. Cali.
- (1984): The Geology of the Central Cordillera, the Department of Valle del Cauca, Quindio and N.W. Tolima. Informe Interno BGS Ingeominas. Report 8. 58p. Cali.
- McCourt, W.J.: Aspden, J.A. & Brook, M. (1984): New Geological and Geochronological data from the Colombian Andes: Continental Growth by Multiple Accretion.- Journal of the Geological Society of London, Vol 141, p. 831-845, UK.



- McCourt, W. J.; Mosquera, D.; Nivia, A. & Nuñez, A. (1984): Mapa Geológico de Colombia, Escala 1:100.000, Plancha 243 — Cali.- Ingeominas, Bogotá
- Mojica, J.; Arévalo, O; Blanco, M.; Malagón, F.; Caycedo, H. & Espinoza, A. (2001): Geología del Flanco Occidental de la Cordillera Central entre Salento Génova y Caicedonia. Quindío-Valle, Colombia.- VIII Congreso Colombiano de Geología. CD 17 p., Manizales, Colombia.
- Mojica, J.; Patarroyo, P; Camargo, G. & Arévalo, O. (2001).- Sedimentitas del Aptiano tardío en el Flanco Occidental de la Cordillera Central, Rio Lejos, Pijao, Quindío. Colombia.- VIII Congreso Colombiano de Geología, CD 12 p., Manizales, Colombia.
- Mosquera, D.; Nuñez, A. & Vesga, J. (1982): Mapa Geológico de la Plancha 244-Ibague, escala 1:100.000.- Ingeominas, Bogotá.
- Nelson, H.W. (1959): Contribution to the Geology of the Central and Western Cordillera of Colombia in the sector between Ibague and Cali- Leidse Geologische Mededeelingen, 22, p. 1-75, Leiden.
- \_\_\_\_ (1962): Contribution al Conocimiento de la Cordillera Central de Colombia. Section entre Ibague y Armenia.- Boletín Geológico, Vol, 10, No. 1-3, pp. 161-202, Ingeominas, Bogotá.
- Nivia, A., Marriner, G. & Kerr, A. (1997): El Complejo Quebradagrande, una posible Cuenca Marginal Intracratónica del Cretáceo Inferior en la Cordillera Central de los Andes Colombianos.- VII Congreso Colombiano de Geología, Tomo III. p. 108-123, Bogotá.
- Nuñez, A. & Murillo, A. (1978): Esquistos de Glaucófana en el Municipio de Pijao, Quindío (Colombia) Mem. III Congreso Colombiano de Geología. Mscr. 18 p., Bogotá.
- Orrego, A.; Rossman, O, & Paris, G. (1976): Geología del Cuadrángulo N-6, Popayan.- Ingeominas, Informe inédito 1711, 129 p., Bogotá.
- Proctor, P.; Peterson, P & Kackstaetter, U. (1991): *Mineral Rock Handbook*. - 256 p., Macmillan Publishing Company, New York.
- Restrepo, J.J. & Toussaint, J.F. (1974): Algunas Consideraciones sobre la Evolución Estructural de los Andes Colombianos.- Publicación Especial Geológica, Fac. de Minas, No. 4, 17 p., Universidad Nacional, Medellín.
- \_\_\_\_ (1978): Ocurrencias de Precámbrico en las cercanías de Medellín. Cordillera Central de Colombia.- Publicación Especial Geológica, Fac de Minas, No 12, p. 1-13, Universidad Nacional, Medellín.
- \_\_\_\_ (1982): Metamorfismos superpuestos en la Cordillera Central de Colombia.- Actas V Congr. Latinoam. Geol., III p. 505- 512, Buenos Aires.
- Streckeisen, A.L. (1973): Classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous rocks.- Geotimes, Vol. 18, no. 10, p. 26-30.
- Turner, F. J. (1981): *Metamorphic Petrology. Mineralogical, field and tectonic aspects* (2nd. edition).- 524 p., McGraw-Hill Book Co., New York.
- Winkler, H.G.F (1979): *Petrogenesis of Metamorphic rocks* (5th. Edition).- 348 p., Springer-Verlag, New York.

*Manuscrito recibido, Agosto de 2003; aceptado, Noviembre, 2003*