

Acerca de las particularidades geoquímicas de plagiogranitos en el sector Ciego-Camagüey



About the geochemical particularities of plagiogranites in the Ciego- Camaguey sector

CU-ID: 2144/v13e13

✉René Yasmany Cobas-Torres*

RESUMEN: La presente investigación se basa en el análisis del comportamiento geoquímico de los plagiogranitos pertenecientes a la formación gabro-plagiogranítica, en el sector Ciego-Camagüey. Para lo cual se utilizaron los análisis químicos de óxidos mayores de 19 muestras efectuados durante los trabajos de levantamiento geológico del polígono CAME III, se analizó la información geológica de trabajos precedentes ejecutados en el área de estudio y se utilizó el método estadístico mediante el uso de los softwares de recalcado de datos geoquímicos *GCDkit* Versión 2.3 y *PetroGraph* Versión 1.0.5-03.05.05. Entre los principales resultados obtenidos: 1) Los plagiogranitos se caracterizan por ser fundamentalmente granitoides de tipo ferroso cálcicos metaluminosos-débilmente peraluminosos. 2) Esta variedad cálcica de granitoides ferrosos metaluminosos indica que son resultado del fraccionamiento a baja presión de fundidos basálticos, 3) La ocurrencia de variedades peraluminosas se puede asociar con procesos de fusión de magma basáltico a baja presión y procesos de asimilación magmática.

Palabras claves: Plagiogranito, geoquímica, Ciego-Camagüey.

ABSTRACT: The present research is based on the analysis of geochemical behavior of plagiogranites that belong to the gabbro-plagiogranitic formation in the Ciego-Camaguey sector. It was employed geochemical analysis of major oxides of 19 samples realized during to geological surveys of polygon CAME III, it was analysed the geological information from previous works executed in the study area and was employed the statistical method through the use of the geochemical data recalculation softwares *GCDkit* Version 2.3 y *PetroGraph* Version 1.0.5-03.05.05. As main results obtained: The plagiogranites are characterized by being fundamentally granitoids of the ferroan calcic metaluminous-weakly peraluminous type. 2) This calcic variety of metaluminous ferroan granitoids indicates that they are result of low-pressure fractionation of basaltic melts. 3) The occurrence of peraluminous varieties can be associated with processes of low pressure melting of basaltic magmas and magmatic assimilation processes.

Key words: Plagiogranite, geochemistry, Ciego-Camagüey.

INTRODUCCIÓN

Los plagiogranitos de la región Ciego-Camagüey constituyen un conjunto de rocas graníticas de composición media-ácida pertenecientes a la formación gabro-plagiogranítica, que a su vez es uno de los principales macizos intrusivos representativos del

antiguo arco volcánico cretácico en la región Ciego-Camagüey. Estos plagiogranitos siempre han despertado cierto interés científico en cuanto a cuestiones relacionadas con su comportamiento geoquímico y probable independencia con respecto al resto de los macizos intrusivos, ya que esto pudiera tener cierta implicación en el potencial metalogénico de estas rocas.

Recibido: 17/02/2021

Aprobado en su forma original: 15/11/2021

Instituto de Geología y Paleontología, Vía Blanca 1002, entre Calzada de Güines y Línea del Ferrocarril, San Miguel del Padrón, CP 11 000, La Habana, Cuba.

*Correo electrónico: rctorres@igp.minem.cu

Con la ejecución de los levantamientos geológicos del polígono CAME III en la provincia Camagüey, se comenzaron a estudiar estas litologías, y ya en el año 1984, Equipko y Pérez plantean para estas rocas una de sus particularidades químicas más destacadas: su elevada ferruginosidad, principalmente para las variedades más ácidas tales como: Plagiogranitos y granitos hornbléndicos (Piñero *et al.*, 1990). No obstante, sería conveniente realizar una caracterización geoquímica más detallada de las mismas a la luz de nuevos diagramas químicos establecidos por Frost *et al.*, 2001 para el nuevo esquema de clasificación de granitoides tales como: el índice de enriquecimiento de Fe, índice calcoalcalino modificado y el índice de saturación de Al, por lo que el objetivo de la presente investigación consiste en obtener nuevos datos acerca del comportamiento geoquímico de los plagiogranitos del sector Ciego-Camagüey basado fundamentalmente en el empleo de los índices geoquímicos mencionados anteriormente y otras variables como apoyo a los resultados obtenidos anteriormente.

Posición geológica y rasgos generales de los plagiogranitos

El área de estudio se encuentra ubicada geográficamente en la región ocupada por el extremo noroeste de la provincia Camagüey y el extremo centro oriental de Ciego de Ávila Según el sistema de coordenadas Lambert el sector de estudio se encuentra delimitado por los puntos X: 726282-778796, Y: 192000-230282 pertenecientes a la Hoja 21(F17-21) Ciego de Ávila del mapa geológico de Cuba 1:250000 de la Academia de Ciencias Instituto de Geología y Paleontología (1985) (figura 1).

Los plagiogranitos del arco volcánico del Cretácico de la región Ciego-Camagüey, pertenecen a la denominada formación Gabro-plagiogranítica, la cual presenta una distribución muy limitada, respecto al resto de las rocas intrusivas que componen el arco volcánico Cretácico de las provincias camagüeyanas (Marí-Morales, 1997) (figuras 1 y 2). Especialmente dicha formación se encuentra comúnmente ocupando la parte noroccidental y septentrional del resto de las formaciones intrusivas, constituyendo completamente el intrusivo Santa

Rosa, parcialmente Las Parras y también aparecen al noroeste y noreste del intrusivo Florida-Céspedes-San Antonio, formando pequeños cuerpos (figuras 1 y 2). En el campo se observa muy mala aflorabilidad, por lo cual sus relaciones con otras formaciones intrusivas no se presentan claramente.

La formación Gabro-plagiogranítica se encuentra vinculada espacialmente con las rocas volcánicas de la Fm. Caobilla y en determinadas partes se encuentra recubierta transgresivamente por formaciones sedimentarias más jóvenes (figura 3). En la región más oriental de la provincia Camagüey afloran los miembros básicos de esta formación representados por gabros en el intrusivo Sibanicú-Las Tunas, a lo largo del límite norte formando bloques dentro de las rocas de la Fm. Granodiorítica-granítica, con una estructura bandeada y en algunas partes cubiertas transgresivamente por depósitos del mioceno (Marí-Morales, 1997).

Desde el punto de vista litológico la formación Gabro-Plagiogranítica está constituida por abundantes plagiogranitos anfibólicos y leucocráticos, pocas tonalitas cuarcíferas y muy escasos gabros y tonalitas.

Los plagiogranitos anfibólicos son las rocas más ampliamente distribuidas de esta formación formando gran parte del intrusivo Las Parras, la parte inferior de Santa Rosa y predominando en Piedrecitas y La Presa, en la mayor parte del plutón Céspedes-Florida-San Antonio, casi toda el área aflorada del sector Ciego y predominan en el sector Gaspar-Corojo-Céspedes. Se caracterizan por presentar una estructura masiva y texturas alotriomórfica-mirmekítica y poiquilítica. La composición mineralógica de ellos es: cuarzo (30-45%), plagioclasa (30-45%) y ortosa (5-15%) la cual muy pocas veces alcanza un 20%, máficos 5-15% representados principalmente por anfíbol hornblenda, aunque también aparecen actinolita-tremolita o augita. La biotita se presenta muy pocas veces y en cantidades insignificantes y probablemente sean de origen secundario. Como accesorios se encuentran: minerales metálicos, esfena, apatito y raras veces zircón. Otro rasgo característico lo constituye la presencia de xenolitos tonalíticos. (Marí-Morales, 1997).

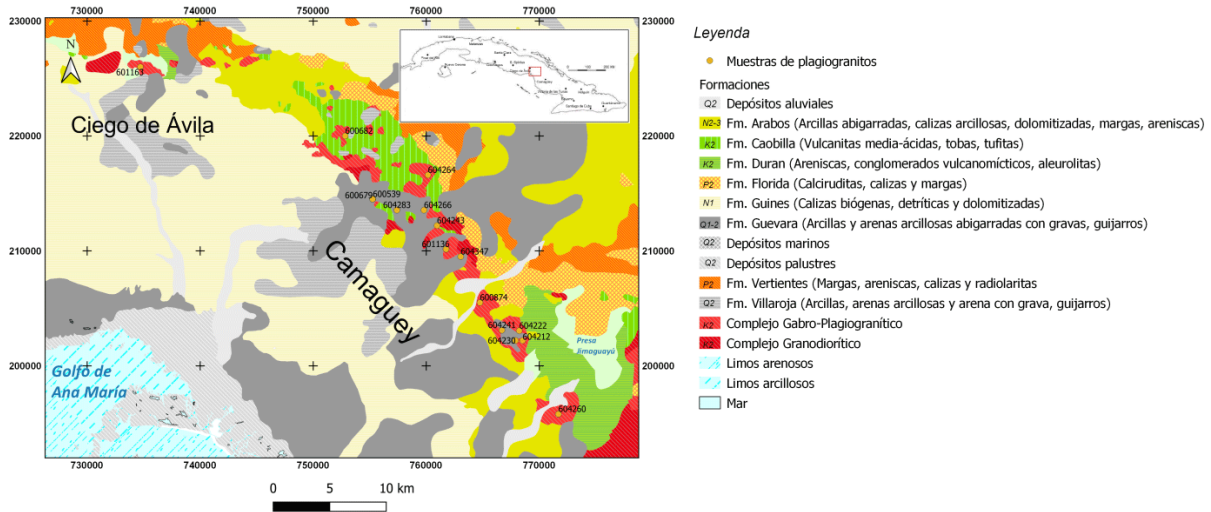


Figura 1. Mapa geológico 1:250000 de la región de estudio con la ubicación de las muestras (Modificado de Academia de Ciencias Instituto de Geología y Paleontología, 1985).

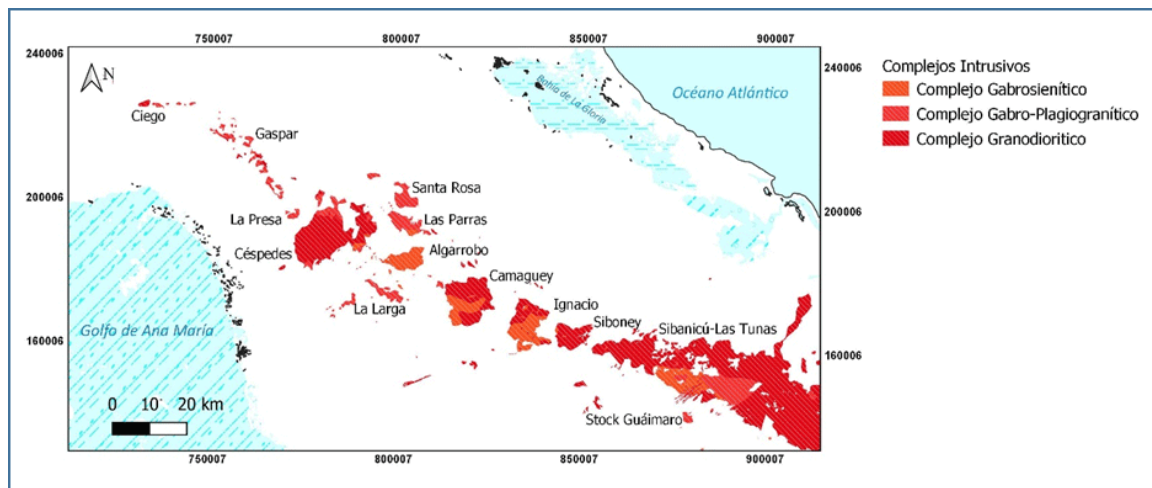


Figura 2. Esquema de distribución regional de los complejos intrusivos en las provincias Ciego de Ávila y Camaguey

Los plagiogranitos leucocráticos son rocas que ocupan el segundo lugar por su abundancia y distribución en la formación. Constituyen casi completamente a Santa Rosa, parte de Las Parras, aparecen en la parte norte del intrusivo Céspedes-Florida-San Antonio, en los pequeños cuerpos ubicados al norte de este y en todas las áreas afloradas del Sector Ciego de Ávila. Se caracterizan por ser rocas holocristalinas, de granulometría fina-media, estructura masiva y texturas predominantemente mirmekítica de grano medio, aunque puede aparecer también alotriomórfica granular, poiquilítica-hipidiomórfica y aplítica. Sus coloraciones pueden ser blancas, grises, cremas, rosados pálidos y verdes. Su mineralogía está

representada por: Cuarzo (35-50%), albita-oligoclasa (40-50%), ortosa (0-5%) y máficos (0-5%) representados por hornblenda, actinolita-tremolita, a veces augita y con menor frecuencia por biotita (menos de 2%). Los accesorios son apatito, esfena y minerales metálicos en cantidades insignificantes. La epidota postmagmática es muy frecuente (Marí-Morales, 1997).

En general se puede decir que los plagiogranitos desde el punto de vista petroquímico se caracterizan por contenidos muy bajos de K_2O , junto con elevados contenidos de CaO y FeO , así como un amplio predominio del sodio respecto al potasio (Piñero *et al.*, 1990). Su edad y posición geológica no han sido

suficientemente esclarecidas, debido a la poca información obtenida acerca de sus interrelaciones con otras asociaciones de rocas, así como edad radiométrica confiable y su comportamiento geoquímico. ([Pérez y Sukar, 1997](#)).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente investigación se consultó la información geológica precedente del sector estudiado documentada en informes, artículos científicos, etc. así como literatura actualizada de la temática abordada.

Se tomaron los análisis químicos de óxidos mayores de un total de 19 muestras de plagiogranitos correspondientes al sector Ciego-Camagüey, realizadas durante la ejecución de los levantamientos geológicos en el polígono CAME III entre los años 1987 y 1989. Los óxidos determinados fueron los siguientes: SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅.

Como método de investigación se empleó el estadístico, mediante el uso de los softwares de recálculo de datos geoquímicos *GCDkit* Versión 2.3 y *PetroGraph* Versión 1.0.5-03.05.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis geoquímico de los plagiogranitos se basó en la interpretación de los patrones de comportamiento de los óxidos mayores en diferentes diagramas de variación y discriminación geoquímica. Los datos analizados son presentados en la [Tabla 1](#).

Según el diagrama de índice de enriquecimiento de Fe [$\text{FeOt}/(\text{FeOt}+\text{MgO})$ vs. SiO₂] los plagiogranitos tienden a ser predominantemente granitoides de tipo ferroso y en menor medida magnesianos ([figura 2.1A](#)).

En el diagrama de índice calcoalcalino (Na₂O+K₂O-CaO) vs SiO₂ prácticamente todas las muestras se plotean dentro del campo cálcico ([figura 2.1B](#)).

Los diagramas SiO₂-K₂O y AFM ([figuras 2.2A y 2.2C](#)) muestran que las rocas analizadas pueden presentar un carácter tanto toleítico como calcoalcalino, observándose un carácter más toleítico en los plagiogranitos leucocráticos según el diagrama SiO₂-K₂O ([figura 2.2A](#)). Según el

diagrama de discriminación geotectónica que considera dos parámetros catiónicos $R1=4\text{Si}-11(\text{Na}+\text{K})-2(\text{Fe}+\text{Ti})$ y $R2=6\text{Ca}+2\text{Mg}+\text{Al}$, las rocas plagiograníticas se desarrollaron durante las etapas syn y postorogénicas del arco volcánico cretácico en dicha región y muestran una importante influencia de manto fraccionado en su génesis, principalmente los plagiogranitos leucocráticos ([figura 2.2B](#)).

En los diagramas de discriminación geotectónica de [Maniar y Piccoli \(1989\)](#) se observa que particularmente los plagiogranitos leucocráticos se plotean en el campo de plagiogranitos oceánicos (OP) según el diagrama K₂O-SiO₂ ([figura 2.3A](#)). El resto de los gráficos indican que los plagiogranitos en general presentan una cierta tendencia a un desarrollo postorogénico (POG) ([figuras 2.3A-E](#)). Según el diagrama A/NK-ASI los plagiogranitos analizados son granitoides de tipo metaluminosos y menor medida peraluminosos con valores de ASI que oscilan desde 0.6-1.35. Dichos valores están basados en la relación de [Shand \(1943\)](#) $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{CaO}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ la cual es el discriminador químico más usado entre granitoides metaluminosos (ASI < 1) y peraluminosos (ASI > 1) ([figura 2.3F](#)).

A partir de los diagramas geoquímicos realizados, se puede concluir que los plagiogranitos del arco volcánico del Cretácico en la región Ciego-Camagüey se caracterizan por ser granitoides de tipo ferroso cálcicos metaluminosos-débilmente peraluminosos.

Los granitoides ferrosos se interpretan como rocas graníticas originadas en regímenes tectónicos extensionales (rift) producto a la fusión parcial o extrema diferenciación de magmas basálticos en condiciones reductoras. Generalmente se encuentran estrechamente asociados con condiciones de disponibilidad de H₂O limitada y baja fugacidad de oxígeno ([Frost et al., 2001](#)).

El carácter metaluminoso a débilmente peraluminoso de los plagiogranitos pudiera estar relacionado con condiciones de fusión magmática a relativamente baja presión, ya que composiciones altamente peraluminosas de granitoides ferrosos se producen bajo la influencia de presiones elevadas ([Frost & Frost,](#)

Tabla 1. Elementos mayores de los plagiogranitos del sector Ciego Camagüey

| MUESTRA | LITOLOGÍA | X | Y | SiO ₂ | TiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | FeO | MnO | MgO | CaO | Na ₂ O | K ₂ O | P ₂ O ₅ | PPI | Suma |
|---------|--|--------|--------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|------|---------|
| 600682 | Plagiogranito | 752825 | 220000 | 74.54 | 0.42 | 13.35 | 3.09 | 0.29 | 0.024 | 0.49 | 1.02 | 4.6 | 2.12 | 0.045 | 0.34 | 100.329 |
| 604266 | Plagiogranito leucocrático | 759800 | 213550 | 70.9 | 0.47 | 13.61 | 2.65 | 1.99 | 0.045 | 0.31 | 3.32 | 4.8 | 0.66 | 0.079 | 0.29 | 99.124 |
| 604264 | Plagiogranito leucocrático algo epidotizado | 760150 | 216600 | 75.36 | 0.32 | 11.41 | 0.9 | 2.08 | 0.055 | 0.52 | 3.24 | 4.2 | 0.24 | 0.041 | 1.3 | 99.666 |
| 604212 | Plagiogranito leucocrático | 768530 | 202200 | 78.12 | 0.09 | 11.76 | 0.56 | 1.85 | 0.022 | 0.13 | 2.53 | 4.0 | 0.25 | 0.016 | 0.88 | 100.208 |
| 604347 | Plagiogranito algo epidotizado | 763050 | 209500 | 74.38 | 0.32 | 12.17 | 1.19 | 2.35 | 0.07 | 0.65 | 2.74 | 4.5 | 0.52 | 0.06 | 0.54 | 99.49 |
| 604241 | Plagiogranito piroxénico | 766690 | 203100 | 72.48 | 0.36 | 13.09 | 0.87 | 2.15 | 0.06 | 0.47 | 3.91 | 4.9 | 0.48 | 0.072 | 0.89 | 99.732 |
| 604243 | Plagiogranito leucocrático | 760950 | 212200 | 74.58 | 0.27 | 12.79 | 0.58 | 1.9 | 0.045 | 0.24 | 2.25 | 5.15 | 0.52 | 0.016 | 0.41 | 98.751 |
| 600874 | Plagiogranito leucocrático de grano medio-grueso | 764750 | 205500 | 72.98 | 0.33 | 13.75 | 1.42 | 1.9 | 0.033 | 0.5 | 3.28 | 4.92 | 0.24 | 0.063 | 1.92 | 101.336 |
| 600539 | Plagiogranito leucocrático | 755273 | 214500 | 77.85 | 0.4 | 11.78 | 0.7 | 1.17 | 0.052 | 0.77 | 1.84 | 5.04 | 0.25 | 0.028 | 1.02 | 100.9 |
| 601162 | Plagiogranito anfibólico | 734700 | 226000 | 71.1 | 0.46 | 13.93 | 2.24 | 1.67 | 0.087 | 2.68 | 1.07 | 3.65 | 2.44 | 0.109 | 0.48 | 99.92 |
| 601163 | Plagiogranito anfibólico | 734700 | 226000 | 72.38 | 0.47 | 14.42 | 2.22 | 0.48 | 0.023 | 0.5 | 2.43 | 3.5 | 2.56 | 0.113 | 0.33 | 99.43 |
| 601142 | Plagiogranito de grano medio a grueso | 761750 | 210150 | 71.56 | 0.54 | 16.71 | 3.24 | 0.25 | 0.19 | 0.49 | 0.49 | 3.68 | 0.12 | 0.17 | 6.72 | 104.49 |
| 601140 | Plagiogranito de grano medio epidotizado | 761750 | 210150 | 73.04 | 0.48 | 13.61 | 1.4 | 0.11 | 0.036 | 0.49 | 3.08 | 5.59 | 0.52 | 0.074 | 1.59 | 100.21 |
| 600679 | Plagiogranito leucocrático | 755255 | 214500 | 73.86 | 0.49 | 14.76 | 1.33 | 0.25 | 0.02 | 0.49 | 2.24 | 5.0 | 0.32 | 0.056 | 0.7 | 99.52 |
| 601136 | Plagiogranito leucocrático de grano fino, algo epidotizado | 761750 | 210150 | 69.88 | 0.5 | 15.51 | 1.68 | 0.43 | 0.029 | 0.49 | 3.5 | 6.17 | 0.77 | 0.118 | 2.0 | 101.27 |
| 604283 | Plagiogranito anfibólico epidotizado | 757400 | 213550 | 69.74 | 0.55 | 13.47 | 2.29 | 2.31 | 0.06 | 1.1 | 3.36 | 4.6 | 0.52 | 0.174 | 1.63 | 99.99 |
| 604230 | Plagiogranito anfibólico de grano medio-grueso | 767900 | 202200 | 70.26 | 0.43 | 13.65 | 1.77 | 2.98 | 0.058 | 0.78 | 3.23 | 4.15 | 1.25 | 0.104 | 0.43 | 99.28 |
| 604222 | Plagiogranito anfibólico alterado con veta de cuarzo | 768225 | 203050 | 71.62 | 0.44 | 12.91 | 1.64 | 2.79 | 0.166 | 0.93 | 3.92 | 3.5 | 0.2 | 0.094 | 0.88 | 99.28 |
| 604260 | Plagiogranito anfibólico porfiróideo con xenolitos | 771690 | 195800 | 69.32 | 0.39 | 12.71 | 1.58 | 3.81 | 0.088 | 1.01 | 3.75 | 3.75 | 1.72 | 0.088 | 0.4 | 98.81 |

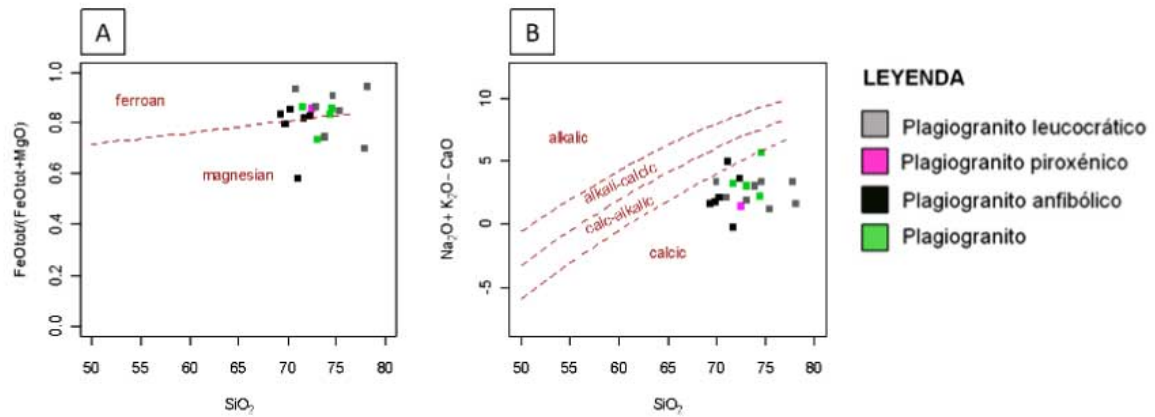


Figura 2.1. Tendencias geoquímicas de los plagiogranitos del arco volcánico cretácico en la región Ciego-Camagüey, según los diagramas FeOt/(FeOt+MgO) vs. SiO₂ y (Na₂O+K₂O-CaO) vs SiO₂.

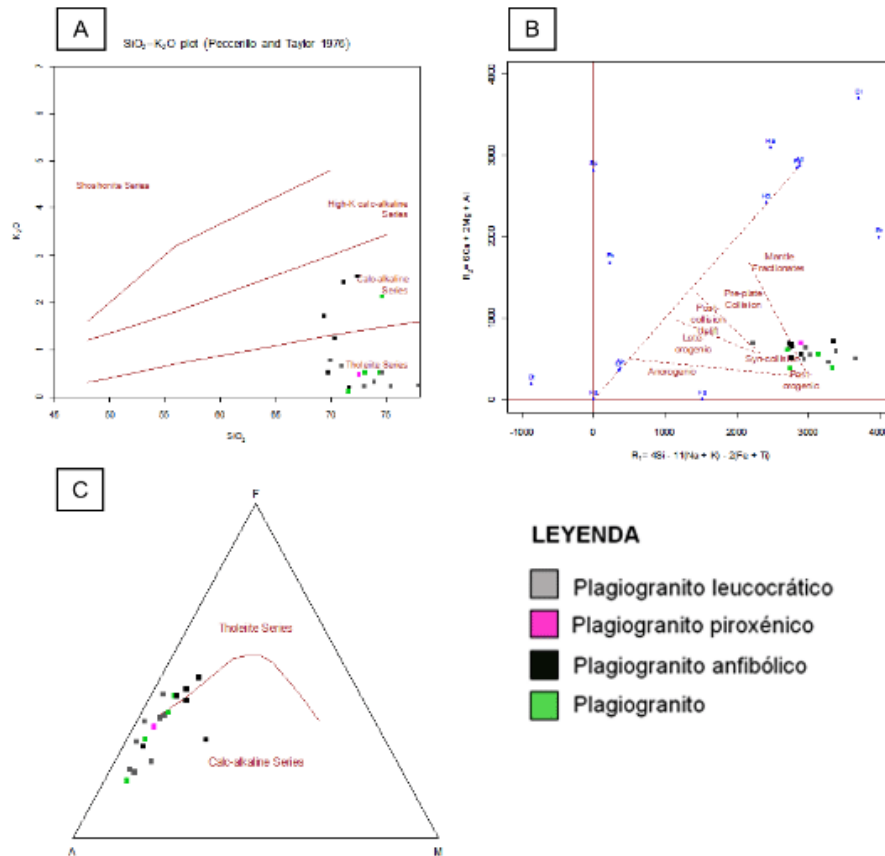


Figura 2.2. Características geoquímicas de los plagiogranitos según los diagramas K₂O+Na₂O vs. SiO₂, R₂=6Ca+2Mg+Al vs. R₁=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti) y AFM

2011). Resultados obtenidos a partir de experimentos de fusión parcial en rocas cuarzo-feldespáticas sugieren que estos tipos de granitoides pueden formarse también por fusión de deshidratación de granitoides calco-alcinos magnesianos, pero sólo si la fusión ocurre en niveles someros de la corteza terrestre (Skjerlie &

Johnston, 1993; Patiño-Douce, 1997; Bogaerts *et al.*, 2006).

De acuerdo con (Frost & Frost, 2011) dentro del grupo de los granitoides ferrosos las variedades metaluminosas cálcicas como es el caso de los plagiogranitos analizados son extremadamente pocos comunes. Hasta el

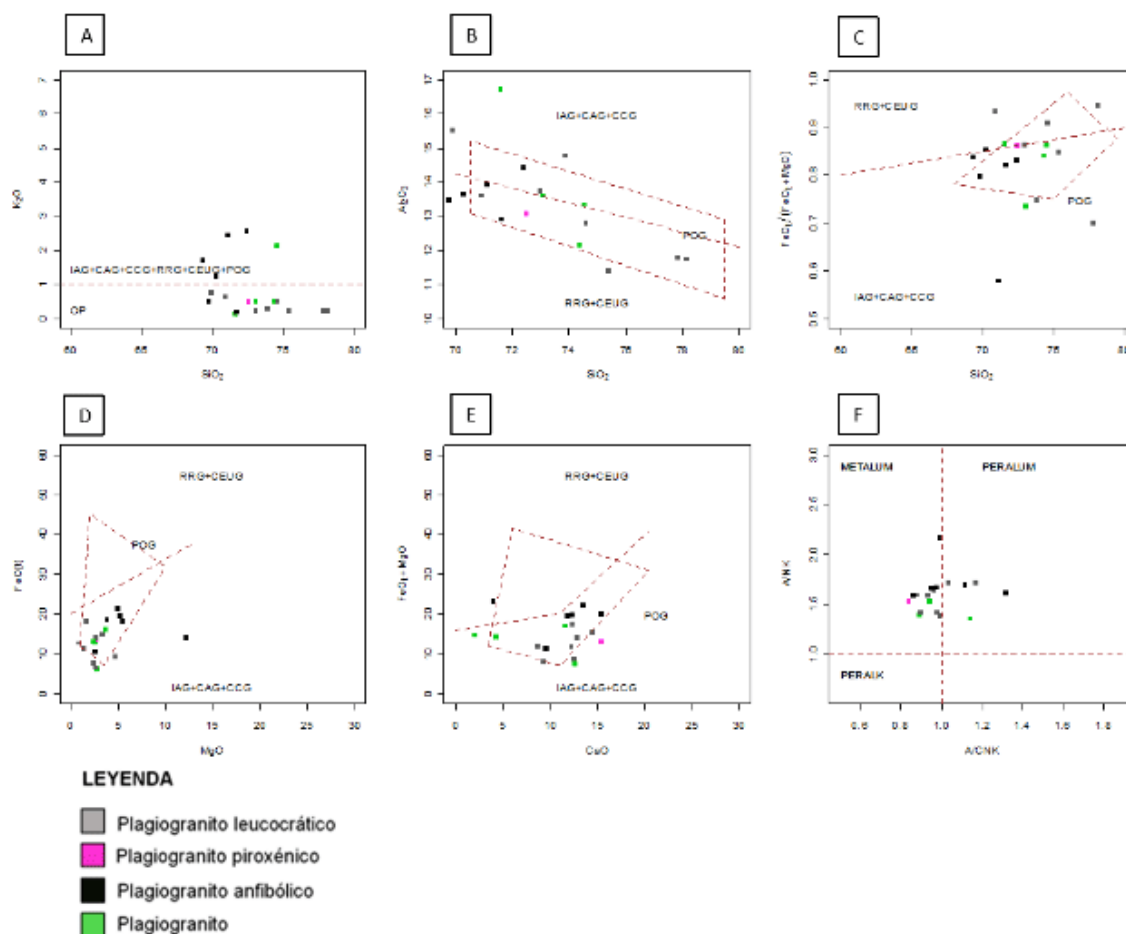


Figura 2.3. Comportamiento geoquímico de los plagiogranitos en los diagramas de discriminación geotectónica ([Maniar & Piccoli, 1989](#))

momento se conoce un sólo ejemplo que es el caso de los granitoides en las doleritas Red Hill, Tasmania (Mc Dougall, I., 1962). Esta variedad cálcica de granitoides ferrosos metaluminosos se forma como resultado del fraccionamiento a baja presión de fundidos basálticos ([Frost & Frost, 2011](#)). Por otro lado, aunque las variedades peraluminosas cálcicas son teóricamente posibles no se han identificado ejemplos de este tipo ([Frost & Frost, 2011](#)). En nuestro caso contamos con las dos variedades de granitoides ferrosos que menos se conocen. Por lo que este hecho pudiera convertir a los plagiogranitos de la región Ciego-Camagüey como una novedad científica.

Dentro de los plagiogranitos analizados se destacan las variedades leucocráticas, las cuales por sus características geoquímicas permiten separarlas del resto, pues en los diagramas de discriminación geotectónica de granitoides ([Maniar & Piccoli, 1989](#)), R1-R2 ([Batchelor & Bowden, 1985](#)) y K_2O vs SiO_2 muestran un fuerte

vínculo con una fuente de origen mantélico y un ambiente de extensión de corteza oceánica (plagiogranitos oceánicos).

La ocurrencia de variedades peraluminosas además de asociarse como se mencionó anteriormente a procesos de fusión de magma basáltico a baja presión, pudieran derivarse de procesos de asimilación magmática durante la génesis de estas rocas, lo cual se evidencia por la frecuente ocurrencia de xenolitos de tonalita de grano fino ([Piñero et al., 1990](#)).

Los cambios de ferroso a magnesiano que se observan en los plagiogranitos pudieran ser reflejos de variaciones en el grado de fusión parcial de la fuente, ya que el Fe en relación al Mg es fraccionado más temprano, lo cual resultará en que los fundidos iniciales tenderán a ser ferrosos, mientras que la fusión progresiva enriquecerá al magma en magnesio ([Frost & Frost, 1997](#)) y ([Frost & Frost, 2014](#)).

Los granitoides post-orogénicos han sido considerados rocas que intruyen durante la última fase de una orogenia en espacio y tiempo (Maniar & Piccoli, 1989). En este estudio, los granitoides ferrosos metaluminosos indican que son el resultado del fraccionamiento a baja presión de fundidos basálticos, a lo que se une el hecho de que algunos autores (Hall *et al.*, 2004) han sugerido que los plagiogranitos objeto de estudio se formaron primero, entre el Aptiano y el Turoniano (121 millones - 93 millones de años), previo a la formación de las sienitas y granodioritas que evolucionaron paralelamente durante la vida activa del arco volcánico insular Albiano medio-Campaniano medio. A partir de estas opiniones y datos, no se cuenta con argumentos suficientes para sugerir el probable evento orogénico que durante su estadio final, tuvo lugar el magmatismo que origina estas rocas plutónicas. Por lo que es necesario un estudio sistemático de la geoquímica aplicada a los elementos traza y geocronológico de los plagiogranitos.

CONCLUSIONES

1. Los plagiogranitos del arco volcánico del cretácico en el sector Ciego-Camagüey se caracterizan por ser fundamentalmente granitoides de tipo ferroso cálcicos metaluminosos-débilmente peraluminosos.
2. Esta variedad cálcica de granitoides ferrosos metaluminosos indica que los plagiogranitos son resultado del fraccionamiento a baja presión de fundidos basálticos
3. La ocurrencia de variedades peraluminosas se puede asociar con procesos de fusión de magma basáltico a baja presión y con procesos de asimilación magmática durante la génesis de estas rocas.
4. Las variedades leucocráticas muestran un fuerte vínculo con una fuente de origen mantélico y un ambiente de extensión de corteza oceánica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a: DrC. Mirella Pérez, DrC. Angélica Isabel Llanes y MsC. Graciela Aguirre por sus valiosos aportes a la realización de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Baksheev, I.; Prokofev, V. Y.; Chitalin, A.F. & Tikhomirov, P. 2012. "Tourmaline as a prospecting guide for the porphyry-style deposits". *Eur. J. Mineral*, 24: 957-979.
- Bogaerts, M.; Scaillet, B. & Vander-Auwer, J. 2006. Phase equilibria of the Lyngdal granodiorite (Norway): Implications for the origin of metaluminous ferroan granitoids. *Journal of Petrology* 47, 2405-2431.
- Batchelor, R.A., & Bowden, P. 1985. *Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters*. *Chemical Geology*, 48, 43-55.
- Frost, B. R.; Arculus, R. J.; Barnes, C. G.; Collins, J.; Ellis, D. J. & Frost, C. D. 2001. A geochemical classification of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 42, 2033-2048.
- Frost, D.C. & Frost, B.R. 2011. On Ferroan (A-type) Granitoids: their Compositional Variability and Modes of Origin. *Journal of Petrology*, 52, 39-53.
- Frost, B.R. & Frost, D.C. 2014. *Essentials of igneous and metamorphic petrology*, Cambridge University Press, 303 p.
- Frost, C.D., & Frost, B.R. 1997. High-K, iron-enriched rapakivi-type granites: the tholeiite connection. *Geology*, 25, 647-650.
- Hall, C. M.; Kesler, S. E.; Russell, N.; Piñero, E.; Sánchez, R.; Pérez, M.; Moreira J. & Borges, M. 2004. Age and Tectonic Setting of the Camagüey Volcanic-Intrusive Arc, Cuba: Late Cretaceous Extension Uplift in the Western Greater Antilles. *The Journal of Geology*, 112 (5): 521-542. <http://doi.org/10.1086/422664>.
- Piñero, E., Rojas, R., Iturralde, M., Nápoles A., Núñez, K., Marí, T., Pérez, J., Padrón, M., González, C., Roque, F., Morrell, R., Nápoles, M., Pérez, E., & García, M. 1990. Informe sobre los Resultados del Levantamiento Geológico Complejo 1:50000 y sus Búsquedas Acompañantes del Polígono CAME III Camagüey, Sectores Ciego de Ávila - Vertientes. Fondo Geológico Nacional. Inv. 3949.
- Maniar, D.P. & Piccoli, M.P. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, 101, 635-643.

- Mari-Morales, T. 1997. Particularidades de los granitoides de Ciego-Camagüey-Tunas y consideraciones sobre su posición dentro del arco de islas. En: Furrázola-Bermúdez, G., y Núñez-Cambra K. (ed) Estudio sobre Geología de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, Centro Nacional de la Información Geológica, La Habana, 400-416.
- Patiño-Douce, A. 1997. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology*, 25, 743-746.
- Pérez, M. & Sukar, K. 1997. Granitoides del arco volcánico cretácico de la region central de Cuba (antigua provincia de Camagüey). En: Furrázola-Bermúdez, G., y Núñez-Cambra K. (ed) Estudio sobre Geología de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, Centro Nacional de la Información Geológica, La Habana, 388-398.
- Shand, S.J. 1943. *Eruptive Rocks*. 2nd Edition, John Wiley, New York.
- Skjerlie, K. P. & Johnston, A. D. 1993. Fluid-absent melting behavior of an F-rich tonalitic gneiss at mid-crustal pressures: Implications for the generation of anorogenic granites. *Journal of Petrology*, 34, 785-815.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)