

## Edad geológica de la Formación Margot y su relación con la composición geoquímica de las lavas en la provincia de Matanzas, Cuba

Rebeca Bristol Ávila<sup>1</sup> y Angélica Isabel Llanos Castro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera Geóloga. Instituto de Geología y Paleontología (IGP), Cuba. ORCID ID: 0000-0003-3711-0468. Correo Electrónico: rebeca.b@igp.minem.cu

<sup>2</sup> Ingeniera Geóloga. Doctora en Ciencias Geológicas, Cuba. ORCID ID: 0000-0003-2705-2217. Correo Electrónico: isa19111961@gmail.com

### RESUMEN

En la Formación Margot, ubicada en la provincia de Matanzas (Cuba) se describen diferentes cortes geológicos y dataciones, lo que genera incertidumbre acerca de su sección estratigráfica típica. Por lo que el objetivo general es reconstruir la columna estratigráfica de la Formación Margot mediante el análisis crítico de la información geólogo-estratigráfica, paleontológica y geoquímica de las lavas asociadas, a través de la correlación de las columnas estratigráficas propuestas por otros autores, el análisis de la información paleontológica y la determinación de la afinidad geoquímica de las lavas presentes para diferenciarlas en el corte geológico. Un análisis crítico de la información de trabajos previos permitió la utilización de una serie de datos estratigráficos, paleontológicos y geoquímicos. Como resultado se obtuvo una columna estratigráfica dividida en tres secciones fundamentales (vulcanógeno-sedimentarias) que se diferencian por su composición litológica, edad y afinidad geoquímica de las vulcanitas. La sección inferior se caracteriza por la presencia de calizas micríticas y basaltos (lava) afíricos en lo fundamental. En la intermedia se observan predominio de material volcanoclástico, mientras que la superior se

destaca por el predominio de silicitas, calizas y basaltos (lava) porfíricos en almohadillas. Desde este punto de vista se diferencia la presencia de los dos tipos de basaltos (lava) que existen, los cuales indican un ambiente de formación tipo MORB-N a MORB-N y de zona de suprasubducción (ZSS). Dicha afirmación refleja la complejidad litológica que existe en una misma unidad.

**Palabras Clave:** Basalto, datación, estratigrafía, Formación Margot, geoquímica.

### ABSTRACT

In the Margot Formation, located in the province of Matanzas (Cuba), different geological sections and dates are described, which generates uncertainty about its typical stratigraphic section. Therefore, the general objective is to reconstruct the stratigraphic column of the Margot Formation through the critical analysis of the geologic-stratigraphic, paleontological, and geochemical information of the associated lavas, through the correlation of the stratigraphic columns proposed by other authors, the analysis of paleontological information and determination of the geochemical affinity

of the lavas present to differentiate them in the geological section. A critical analysis of the information from previous works allowed the use of a series of stratigraphic, paleontological and geochemical data. As a result, a stratigraphic column was obtained divided into three fundamental sections (vulcanogenic-sedimentary) that differ by their lithological composition, age and geochemical affinity of the vulcanites. The lower section is characterized by the presence of micritic limestone and fundamentally aphyric basalt (lava). In the intermediate one, a predominance of volcanoclastic material is observed, while the upper one stands out for the predominance of silicites, limestones and porphyritic basalts (lava) in pads. From this point of view, it was possible to differentiate the presence of the two types of basalts (lava) that exist, which indicate a MORB-N to MORB-N type formation environment, and a suprasubduction zone (SSZ). This statement reflects the lithological complexity that exists in the same unit.

**Keywords:** Basalt, dating, stratigraphy, Margot Formation, geochemistry.

## RESUMO

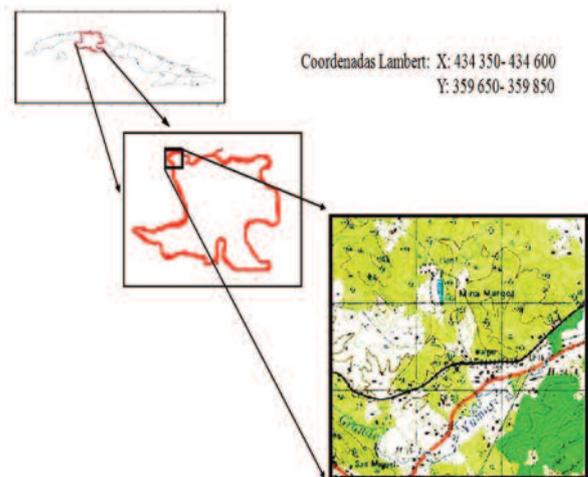
Na Formação Margot, localizada na província de Matanzas (Cuba), são descritos diferentes cortes geológicos e datações, o que gera incerteza sobre sua seção estratigráfica típica. Portanto o objetivo geral é reconstruir a coluna estratigráfica da Formação Margot por meio da análise crítica das informações geológico-estratigráficas, paleontológicas e geoquímicas das lavas associadas, por meio da correlação das colunas estratigráficas propostas por outros autores, a análise de informações paleontológicas e determinação da afinidade geoquímica das lavas presentes para diferenciá-las na seção geológica. A análise crítica das informações de trabalhos anteriores permitiu a utilização de uma série de dados estratigráficos, paleontológicos e geoquímicos. Como resultado, obteve-se uma coluna estratigráfica dividida em três seções fundamentais (vulcanogênico-sedimentares) que se diferenciam pela composição litológica, idade e afinidade geoquímica dos vulcanitos. A parte inferior é caracterizada pela pre-

sença de calcário micrítico e basalto fundamentalmente afírico (lava). Na intermediária, observa-se a predominância de material vulcanoclástico, enquanto a superior se destaca pela predominância de silicitos, calcários e basaltos porfíricos (lava) em almofadas. Deste ponto de vista, foi possível diferenciar a presença dos dois tipos de basaltos (lava) existentes, que indicam um ambiente de formação do tipo MORB-N a MORB-N, e uma zona de suprasubducção (SSZ). Esta afirmação reflete a complexidade litológica que existe na mesma unidade.

**Palavras chave:** Basalto, datação, estratigrafia, Formação Margot, geoquímica.

## INTRODUCCIÓN

La Formación Margot se desarrolla en la parte oriental de la provincia de Mayabeque y en la occidental de la provincia de Matanzas de forma muy limitada (De Huelbes *et al.* 2014) al aflorar como inmensos bloques entre serpentinitas brechosas en la mina Margot y otras localidades cercanas al Valle Yumurí (Piotrowski & Myczynski, 1986). Limita al norte con el estrecho de la Florida, al sur con el municipio Limonar, al este con el municipio Cárdenas y al oeste con la provincia de La Habana (**Figura 1**).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio (Oliveros, 2010 y GEOCUBA, 2014).

La información obtenida a través de la bibliografía supone que la Formación Margot se desarrolló durante el Cretácico Inferior (Albiano)-Cretácico Superior (Turoniano). Pero la descripción de sus diferentes cortes geológicos y dataciones -por varios autores- ha generado cierta incertidumbre acerca de su sección estratigráfica típica, por lo que es necesario analizar en detalle todo lo que se ha realizado y propuesto hasta el momento para reconstruir la columna estratigráfica de la Formación Margot, mediante el análisis crítico de la información geológico-estratigráfica, paleontológica y geoquímica de las lavas asociadas. El conocimiento previo sobre la afinidad geoquímica de las lavas contribuyó en gran medida a la propuesta de sección estratigráfica típica, al permitir la diferenciación del contenido de basaltos (porfídicos y afíricos) en la parte superior e inferior de la unidad de forma respectiva, además de poseer una variada litología formada por calizas, silicitas, lutitas, esquistos y tobas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

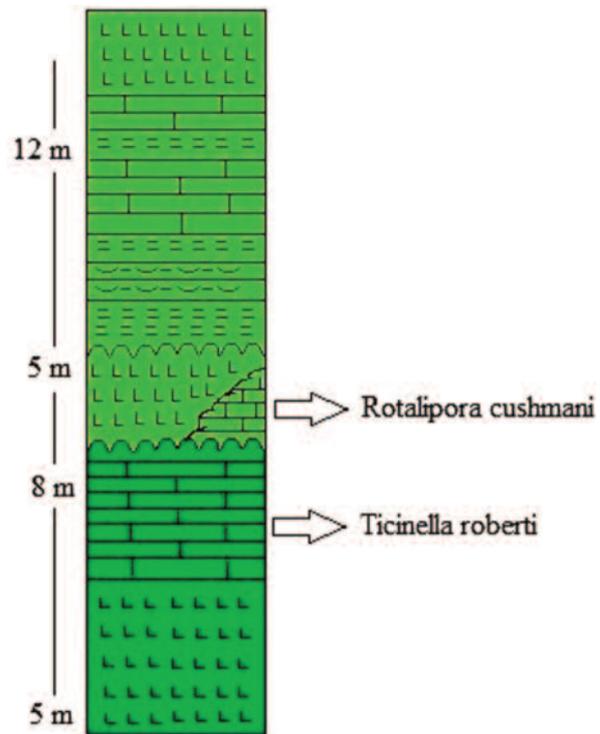
A partir de las publicaciones nacionales e internacionales más importantes que atañen a la estratigrafía, paleontología y geoquímica de la Formación Margot, se analizó el registro geológico de la secuencia vulcanógeno-sedimentaria al tomar en consideración las características litológicas, físicas del afloramiento litoestratigráfico y las estructuras sedimentarias, bastante frecuentes en areniscas y calizas.

Su identificación asociada a la litología permitió entender la serie de cambios sedimentológicos a través de la secuencia vulcanógeno-sedimentaria. Para ello se analizaron las columnas estratigráficas propuestas por Meyerhoff & Hatten (1957) (Figura 2), Piotrowski & Myczynski (1986) (Figura 3) y Pszczółkowski (2002) (Figura 4) que contienen la mayor cantidad de información posible acerca del área de estudio, en cuanto a estructuras sedimentarias y características litológicas de forma principal. Además de tener en cuenta las observaciones de Fonseca *et al.* (1989).

Para el análisis del contenido faunístico basado

en foraminíferos planctónicos, se utilizaron de modo principal los datos de asociaciones fosilíferas (Figura 5) extraídos de los trabajos de Meyerhoff & Hatten (1957), Piotrowski & Myczynski (1986), Fonseca *et al.* (1989), Llanes *et al.* (1997) y Pszczółkowski (2002).

En lo sucesivo se utilizaron los fósiles índices para delimitar las secciones geológicas de cada una de las columnas estratigráficas, propuestas por los distintos autores, con el objetivo de determinar la edad de cada secuencia.



### Leyenda

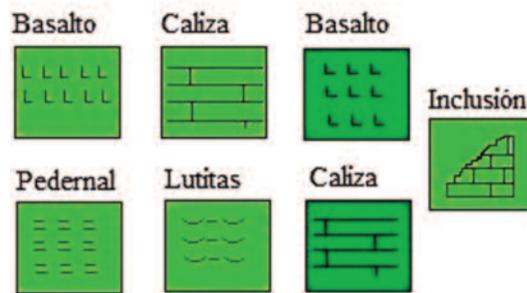
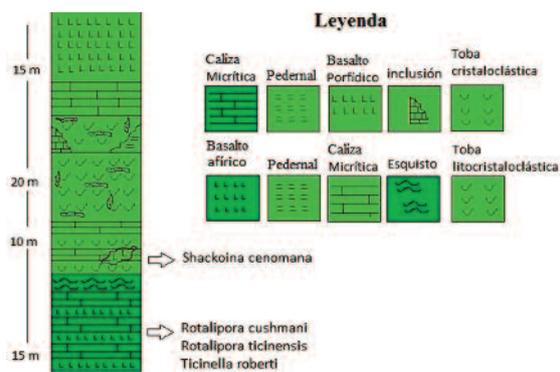
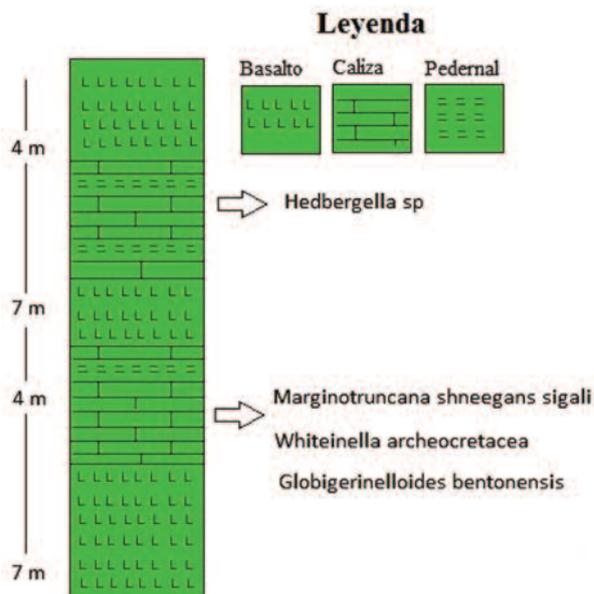


Figura 2. Columna estratigráfica propuesta por Meyerhoff & Hatten (1957) que ilustra la parte inferior de la Formación Margot.



**Figura 3.** Columna estratigráfica propuesta por Piotrowski & Myczynski (1986) que ilustra la parte baja e inferior de la Formación Margot.



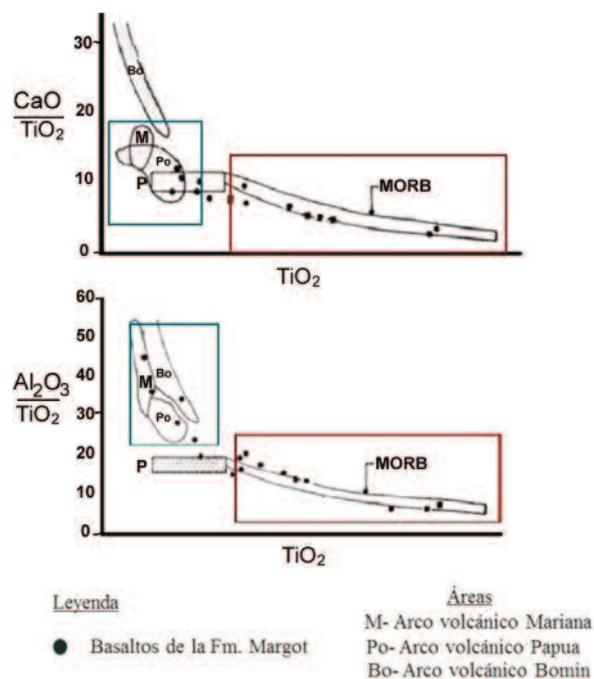
**Figura 4.** Columna estratigráfica propuesta por Pszczółkowski (2002) que ilustra la parte superior de la Formación Margot.

EDAD	ASOCIACIÓN FOSILÍFERA	Meyerhoff & Hatten (1957)	Piotrowski & Myczynski (1986)	Fonseca et al. (1989)	Llanes et al. (1997)	Pszczółkowski (2002)
Turoniano	<i>Marginotruncana shneegansi</i> <i>Whiteinella archeoretacea</i> <i>Globigerinelloides bentonensis</i> <i>Rotalipora cushmani</i>					
Albiano-Cenomaniaco	<i>Rotalipora cushmani</i> <i>Schackoia cenomana</i> <i>Hedbergella planispira</i> <i>Ticinella roberti</i> <i>Praeglobotruncana delrioensis</i> <i>Rotalipora ticinensis</i>					
Aptiano	<i>Hedbergella sp</i> <i>Ticinella sp</i>					

**Figura 5.** Fósiles índices reportados para la Formación Margot.

A partir de los diferentes diagramas de elementos mayores y traza, propuestos por diferentes autores (Figura 6, 7 y 8), se esclareció la afinidad geoquímica de las lavas. Además, se realizó un procesamiento geoquímico (Figuras 9, 10, 11, 12) con las muestras tomadas para el trabajo de Llanes *et al.*, (2015). Para el procesamiento de las muestras, se usaron los métodos de Espectrometría de emisión con Plasma acoplado de forma inductiva (ICP-OES) y Espectrometría de masa con plasma acoplado por inducción (ICP-MS). Las técnicas utilizadas, determinaron los elementos mayoritarios y trazas de roca total y mena, mediante un equipo modelo ACTIVA M con un generador de radio frecuencia. A partir de estos métodos aplicados, se logró dilucidar la existencia de los dos tipos de basaltos que existen en la unidad objeto de estudio.

En la Figura 6, se observa origen de los basaltos que está relacionado con un fundido pirolítico representado por el área P. También se observa la distribución de las diabasas que afloran en la región y de forma clara están asociadas a los basaltos. En el primer diagrama las rocas de la Formación Margot junto



**Figura 6.** Representa la variación entre  $TiO_2$  y la relación  $CaO/TiO_2$  y  $Al_2O_3/TiO_2$  para rocas volcánicas y basaltos.

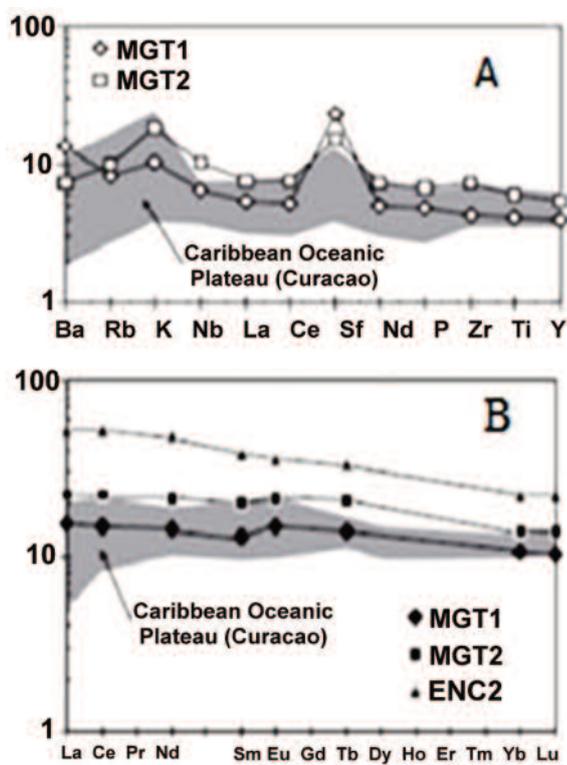
con la de Encrucijada se distribuyen en el área que corresponde a MORB y P, pero en el segundo diagrama aumenta la relación  $Al_2O_3/TiO_2$ . Las muestras de Margot llegan hasta las áreas de los áreas volcánicas recientes y cuencas interarcos (Fonseca *et al.*, 1989).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

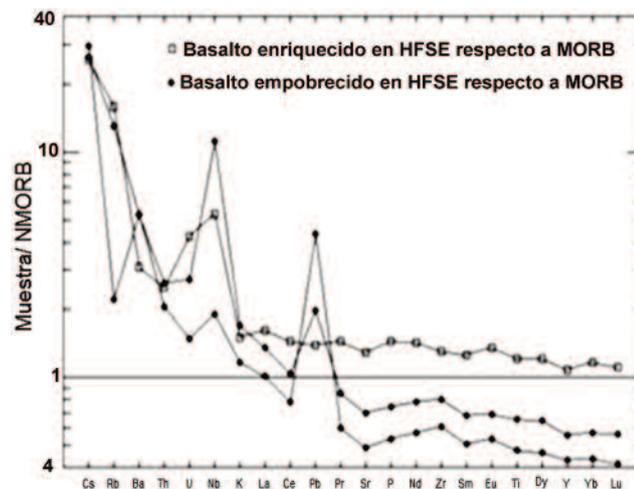
Los trabajos de Ducloz (1963) y Meyerhoff & Hatten (1957) abarcaron la parte inferior de la secuencia efusivo-sedimentaria Margot. Los segundos autores, a diferencia del primero que se refiere solo a los basaltos, estudian además los sedimentos y los datan como Albiano-Cenomaniano. Sin embargo, determinaron la

edad Aptiano-Albiano en calizas oscuras en la parte más baja de la mina y consideraron que podía ser una fauna redepositada. Piotrowski & Myczynski (1986) redescubren la secuencia efusivo-sedimentaria de Margot como una sola sección, sobre la base de afloramientos que incluyen la parte baja de mina Margot hasta la localidad de Corral Nuevo, a 1 km al sur de la mina. Al seguir lo sugerido por Meyerhoff & Hatten y de acuerdo con sus propios datos (Cenomaniano), proponen la edad Albiano-Cenomaniano para los afloramientos estudiados. Fonseca determina que la secuencia efusivo-sedimentaria de Margot es de edad Aptiano-Albiano, sobre la base del fechado paleontológico que realizaron (Tabla 1) y separa en ella, dos secciones donde, en la inferior sitúan los basaltos afiricos y en la superior los porfídicos. Sin embargo, su opinión contradice la presencia de basaltos porfídicos advertida antes por Piotrowski & Myczynski (1986), pero que en parte coincide con las observaciones de Meyerhoff & Hatten (1957) cuando describen un cuerpo de basalto, al parecer afirico, hacia abajo en el corte de la mina. Pszczółkowski (2002) considera que la secuencia es de edad Cenomaniano-Turoniano, junto a las discusiones que plasma en su investigación acerca de las edades de los foraminíferos plantónicos que fueron colectados por él y las edades inciertas de la parte inferior de la unidad litoestratigráfica (¿Albiano Tardío? o ¿Cenomaniano-Turoniano?) sugiere que esas rocas del Cretácico Inferior, sí están presentes y no son características para el estratotipo de la Formación Margot.

Fonseca *et al.* (1989) consideran que los basaltos de la Formación Margot tienen una afinidad geoquímica desde basaltos de dorsal centrooceánica (MORB) hasta de tipo arco volcánico o cuenca interarco (Figura 6). Llanes *et al.* (1997) (Figura 8) realizan un análisis petroquímico en basaltos a través de la geoquímica aplicada a los elementos mayores y traza. Los elementos Ti, Y, Zr, Hf, Ta y Nb, considerados como HFSE (*High Field Strength elements*), fueron utilizados como criterio discriminante por su comportamiento inmóvil de forma amplia, durante el intemperismo del suelo oceánico, alteración hidrotermal y bajo grado de



**Figura 7.** Manto Primitivo y normalizado de multielementos que muestran las rocas ígneas mesozoicas encontradas en la Formación Margot, con una composición similar a las boninitas encontradas al oeste del Pacífico (A). Tierras raras de condrito normalizado y ploteado que muestra un set representativo de las rocas ígneas del Mesozoico cubano, con una composición similar a las boninitas encontradas al oeste del Pacífico (B) (Kerr *et al.*, 1999).



**Figura 8.** Aumento del contenido de los basaltos de la Formación Margot frente a elementos móviles como el Nb (Llanes *et al.*, 1997).

metamorfismo. De acuerdo con las características petrologo-geoquímicas de las lavas basálticas estudiadas, los autores separan dos tipos fundamentales de efusivos ofiolíticos: transicionales entre IAT (toleítas de arco de isla) y MORB (basaltos de dorsal centrooceánica) y transicionales entre MORB-N (MORB normal) y MORB-E (MORB enriquecido). En opinión de Kerr *et al.* (1999) (Figura 7, A y B) las dos muestras de basaltos colectadas durante sus investigaciones se encontraban dentro del área norteña de melange de las ofiolitas, de forma moderada enriquecidas en REEs claros ( $[(La/Y)_n \sim 1.5]$ ). De esta forma opinan, que los basaltos no se clasifican como MORB-N, que son enriquecidos respecto a MORB, del tipo lavas intraplacas oceánicas. Adicionado a esto explican que los mismos no poseen suficientes anomalías negativas de Nb, característico para las lavas de zona de subducción y que no están de modo significativo enriquecidos en el LILEs (*Large ion valency cations elements*). Más tarde, Llanes *et al.* (2015) proponen que los basaltos de la Formación Margot parecen corresponder con toleítas tipo dorsal centrooceánica contaminada (C-MORB), con un componente de subducción, lo que difiere de su distinción como toleítas intraplacas, propuesto por otros autores.

En este trabajo se propone, a partir del procesamiento geoquímico de los basaltos (Figuras 9, 10, 11,

12), que las lavas existentes en la Formación Margot corresponden con basaltos de dorsal centrooceánica normal (MORB-N) con tendencia a comportarse como basaltos de dorsal centrooceánica enriquecida (MORB-E) y basaltos con componentes de zona de suprasubducción (ZSS). Por este motivo, las autoras de esta investigación están en desacuerdo que la unidad litoestratigráfica deba estudiarse como una sola sección como lo expresaron los autores Piotrowski & Myczynski (1986) y Pszczólkowski (2002), pues la misma está dividida por dos tipos de basaltos, que se formaron en edades geológicas diferentes. En la parte superior del corte se tienen basaltos porfídicos y en la inferior afíricos, tal y como lo plantearon los autores Meyerhoff & Hatten (1957) y Fonseca *et al.* (1989).

De acuerdo con esta información y a todo lo planteado con anterioridad, al considerar que la Formación Margot está dividida en tres secciones fundamentales en base a criterios paleontológicos, según la composición litológica de la unidad y al procesamiento geoquímico de sus basaltos. Sobre esta base se expresa que la sección inferior es de edad Albiano Superior-Cenomaniano y Aptiano-Albiano, la cual está compuesta por materiales finos que transicionan a sedimentos más gruesos de edad Cenomaniano. La parte superior de la formación está conformada por sedimentos de grano fino de edad Turoniano.

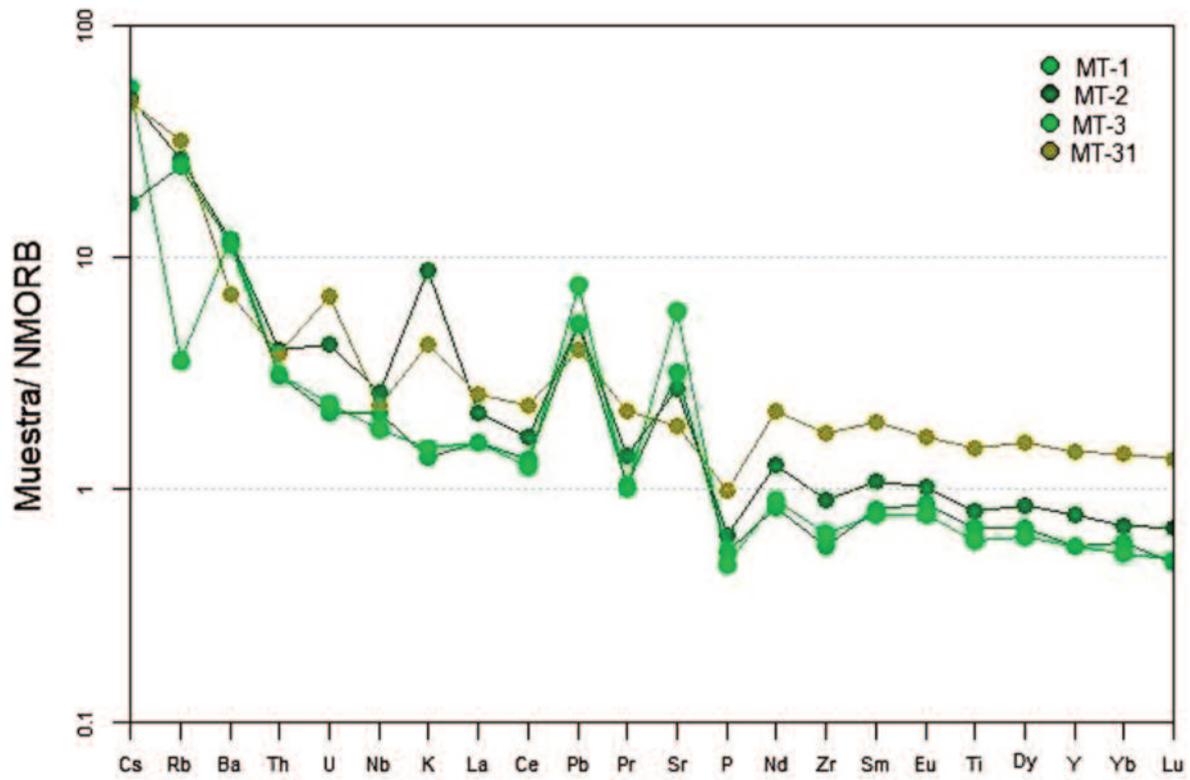


Figura 9. Diagrama de multielementos de basaltos de la Formación Margot, con dos patrones de comportamiento respecto a N-MORB (Sun and McDonough, 1989).

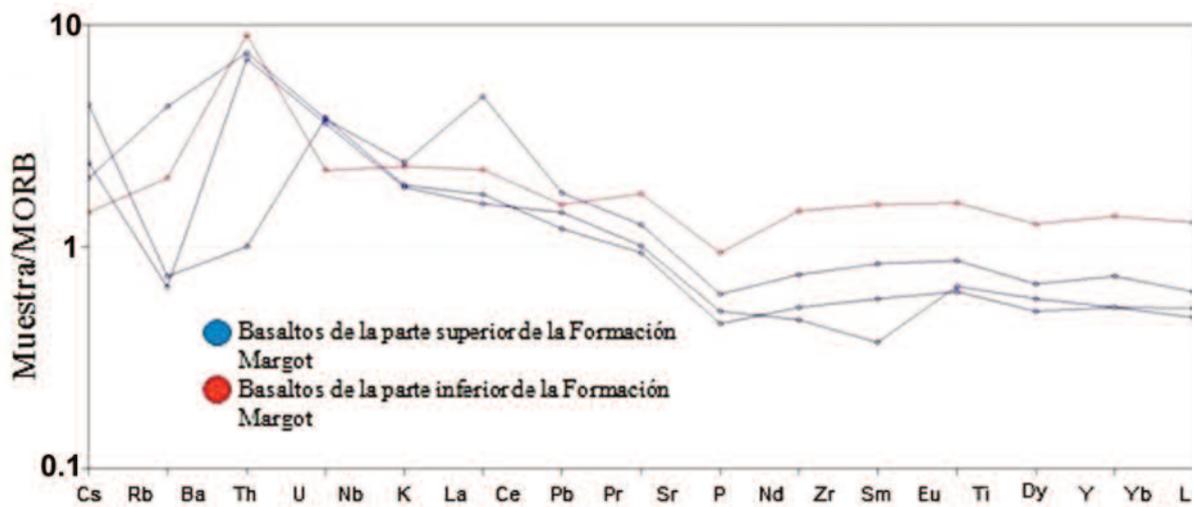
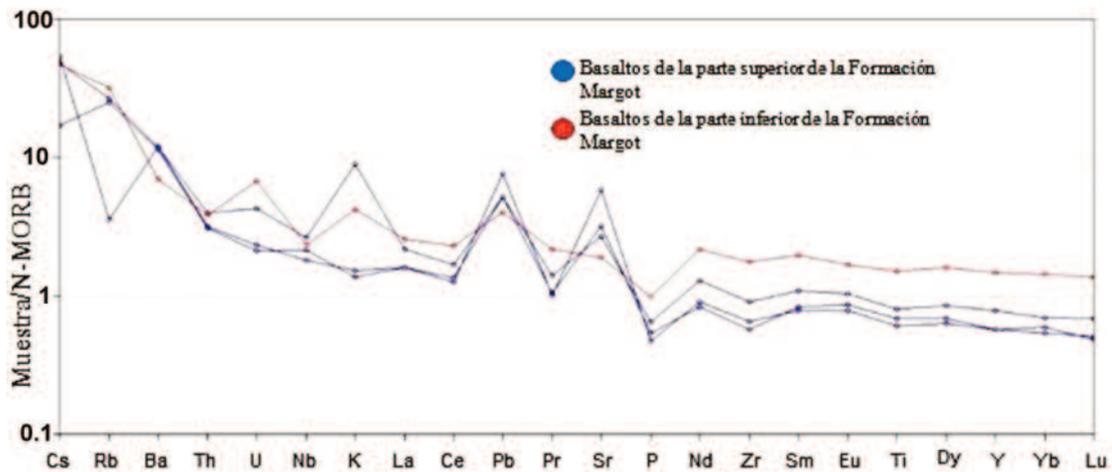
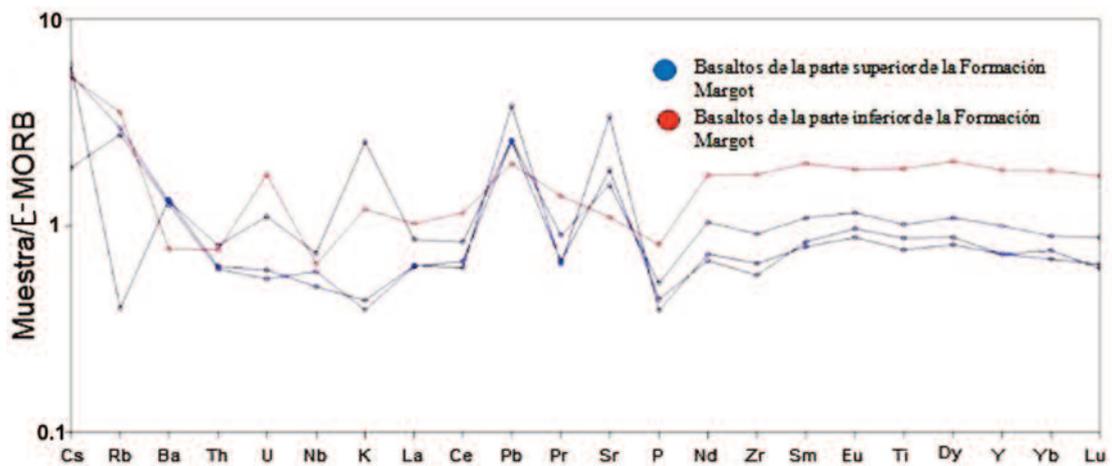


Figura 10. Procesamiento geoquímico de las muestras de basaltos de la Formación Margot, donde se ilustra la distribución de los basaltos.



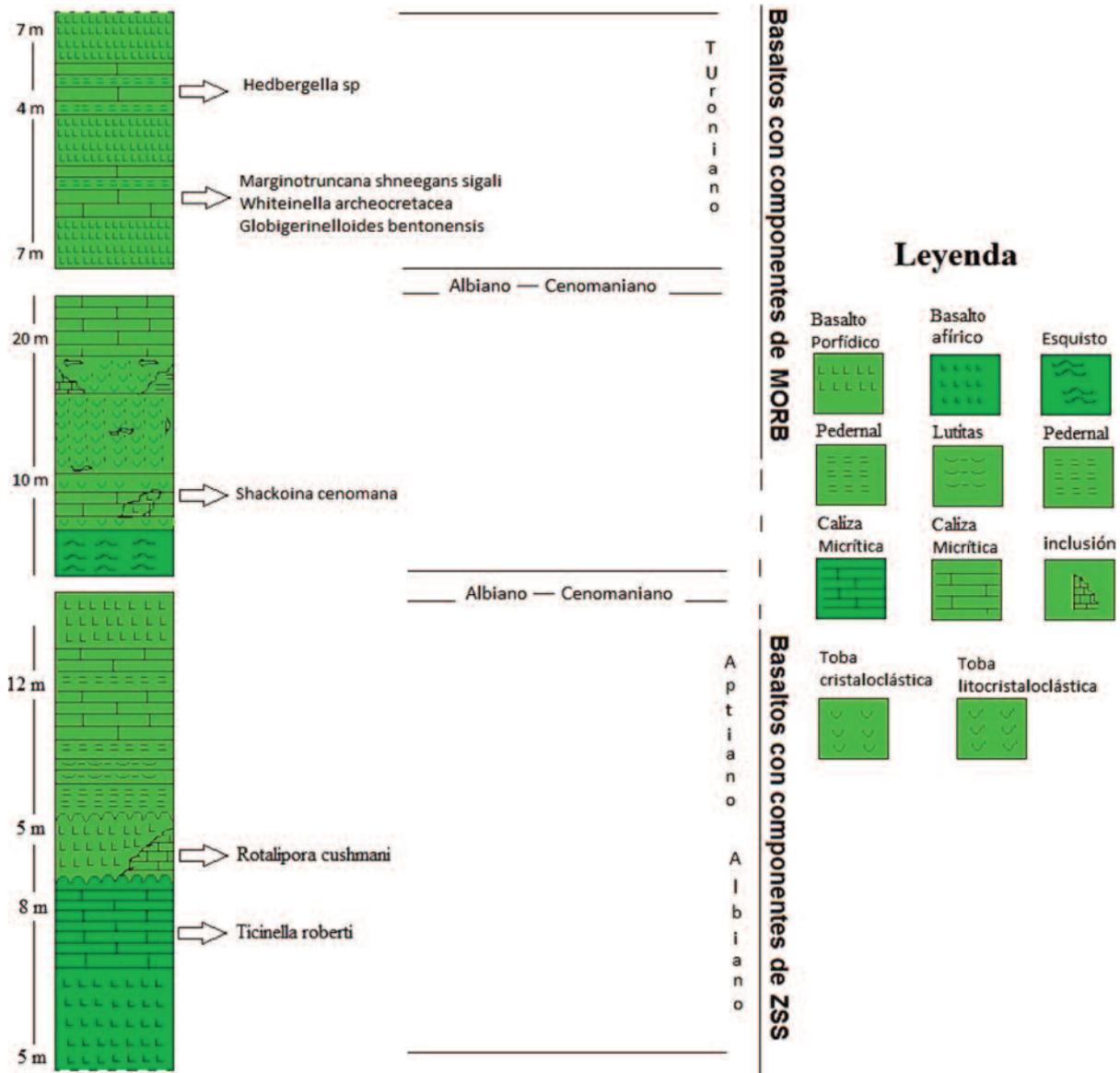
**Figura 11.** Procesamiento geoquímico de las muestras de basaltos de la Formación Margot, donde se ilustra la afinidad de los basaltos de la parte superior del corte geológico hacia un área de MORB normal.



**Figura 12.** Procesamiento geoquímico de las muestras de basaltos de la Formación Margot, donde se ilustra la afinidad de los basaltos de la parte inferior del corte geológico hacia un área de tipo MORB enriquecido.

La propuesta de columna estratigráfica (**Figura 13**) para la Formación Margot, comienza con la deposición de calizas micríticas-esparíticas oscuras, intercaladas con basaltos afíricos que corresponden al Albiano-Cenomaniano. Sobre ellos se depositan un conjunto de basaltos cuyo contacto con las calizas no queda definido para los autores, pero que será intrusivo o eruptivo. En la base de dichos basaltos ocurre una inclusión de calizas del Turoniano. Estos basaltos aparecen de manera discordante debajo de los esquis-

tos, los cuales están intercalados con lutitas tobáceas del Aptiano-Albiano. Sobre estos sedimentos se depositan las calizas oscuras sobreyacidas por un conjunto de basaltos afíricos y esquistos oscuros. Sobre ellas se depositan un complejo de tobas litoclásticas intercaladas con tobas cristaloclásticas con inclusiones, lentes y nódulos de pedernales, esquistos y calizas. Sobre ellas hay un conjunto de calizas, sobre las que hay basaltos porfídicos intercalados con calizas del Turoniano.



**Figura 13.** Propuesta de columna estratigráfica para la Formación Margot a partir de los datos paleontológicos y estratigráficos obtenidos de las investigaciones precedentes y el procesamiento de muestras de basaltos utilizadas en este trabajo.

## CONCLUSIONES

- Se comprobó mediante la reelaboración de la columna estratigráfica, que la Formación Margot está dividida en tres secciones con una variada litología, desde calizas de grano fino (micritas) y lavas afíricas, que transicionan a una sección intermedia de calizas esparíticas, que se intercalan con lutitas tobáceas, tobas cris-
  - taloclásticas y litocristaloclásticas, hasta que más arriba en el perfil aparecen lavas porfídicas intercaladas con silicitas y calizas micríticas.
- De acuerdo con los datos paleontológicos obtenidos de las investigaciones precedentes, se propuso para la Formación Margot la edad Cretácico Inferior (Aptiano-Albiano)-Cretácico Superior (Cenomaniano-Turoniano).

3. Mediante el procesamiento geoquímico de sus basaltos se constató que existen dos tipos de lavas en la Formación Margot: MORB-N a MORB-E y de zona de suprasubducción (ZSS).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sun, W. F. McDonough**, 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, Special Publications, 42, 313-345.
- De Huelbes, A. J & Bernal. L.**, 2014, Código Estratigráfico de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología. Ministerio de Energía y Minas. Proyecto 613410. La Habana, pp. 1-64
- Ducloz, C.**, 1963, Apuntes sobre el yeso del valle de Yumurí, Matanzas. Sociedad Cubana de Historia Natural, p. 25
- Fonseca, E., Gonzáles, R. & Delgado, R.** (1989). Presencia de efusivos ofiolíticos y de boninitas en las provincias de La Habana y Matanzas. Boletín Técnico de Geología, p. 9
- Grupo Empresarial GEOCUBA**, 2014, Mapa Topográfico de Cuba, La Habana, Cuba.
- Kerr, A. C., Iturralde-Vinent, M. A., Saunders, A. D., Babbs, T. L. & Tarney, J.**, 1999, A Geochemical reconnaissance of Cuban Mesozoic volcanic rocks. Implications for plate tectonic models of the Caribbean. A contribution to UNESCO/ IUGS IGCP Project 364, p. 19
- Llanes, A. I., Santa Cruz-Pacheco, M., García, I., Morales, A., Palacio, B & Fonseca, E.**, 1997, Informe del Proyecto I+D «Petrología y mineralización de la asociación ofiolítica de Habana-Matanzas (Cuba occidental)». Centro Nacional de Información Geológica (CNDIG). Instituto de Geología y Paleontología, La Habana. Inventario No 1188, p. 65
- Llanes, A. I., Díaz de Villalvilla. L., Despaigne-Díaz, A. I., Ronneliah, S. M., García, J. D.**, 2015, Geoquímica de las rocas volcánicas máficas de edad cretácica de la región de Habana-Matanzas (Cuba occidental): implicaciones paleotectónicas. Instituto de Ciencias de la Tierra y el Espacio, Vol.16, No.2, pp.117-133.
- Meyerhoff, A. A., Hatten, C. W. & Norton, P.**, 1957, Geology and paleontology of Margot mine, Matanzas (inédito). Oficina Nacional de Recursos Minerales, La Habana, Cuba, Inventario No. 971, p. 8.
- Oliveros, B. A.**, 2010, Población, ambiente y desarrollo: una mirada desde la ruralidad en Cuba. Geocuba, p. 17.
- Piotrowski, J. & Myczynski, R.**, 1986, Los depósitos vulcanógeno-sedimentario de la zona Zaza en la provincia de Matanzas. Bull. Pol. Acad. Sci., p. 34.
- Pszcólkowski, A.**, 2002, The Margot Formation in western Cuba, A volcanic and Sedimentary Sequence of Cenomanian-Turonian age, p. 15.

Fecha de recepción: 18 de junio de 2021

Fecha de arbitraje: 24 de junio de 2021

Fecha de aprobación: 28 de junio de 2021