

Principales rasgos del complejo de basaltos en la región de Bahía Honda, Pinar del Río

Dra. Esther María Cruz Gámez *

Dr. Armando Simón Méndez **

* Dpto. de Geología, Universidad de Pinar del Río, Cuba

** Instituto de Geología y Paleontología, Cuba

RESUMEN: Esta zona se ubica al Noroeste de la Provincia de Pinar del Río y en ella afloran rocas ofiolíticas de la cuenca marginal del arco cretácico aptiano-campaniano. El complejo de basaltos y sus sedimentos está bien representado y ha sido subdividido en las Formaciones Encrucijada (aptiano-albiano) y Quiñones (cenomaniaco-campaniano). Además de estas, en la región se reportan rocas del arco, denominadas como Formación Orozco (coniaco-campaniano).

En el trabajo se analiza la pertenencia de las secuencias mencionadas al complejo de basaltos de dicha cuenca, tomando en consideración las siguientes razones:

a) En la composición de las tobas, tufitas, y calizas clásticas aparecen fragmentos líticos (calizas, esquistos de diferentes composición, diabasas, basaltos, andesitas, etcétera), cristales de moscovita, piroxenos, plagioclasas básicas-medias, biotita cuarzo, etcétera; los mismos han tenido como fuentes de aporte, las indicadas para una cuenca marginal.

b) El quimismo de estas lavas es toleítico, con tendencia calcoalcalina y sus componentes principales reflejan una continuidad en el proceso de diferenciación magmática dado por SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O y MgO en relación inversa con los demás óxidos.

c) En el comportamiento de los elementos menores de estas rocas hay un enriquecimiento de los componentes LIL con respecto a los HFS como es característico para las lavas que ocurren en estos ambientes.

ABSTRACT: This zone is located in Northeast of Pinar del Río province, where ophiolitic rocks appear in the marginal basins of the aptian-campanian arc. The complex of basalts and their sediments is well preserved and it has been subdivided into the Encrucijada (aptian-albian) and Quiñones formations (cenomanian-campanian). In this region, rocks of the arcs reported to be of the Orozco Formation (coniacian-campanian) and more recent deposits. In the work is discussed the pertaining of the mentioned sequences to the basalts complex of the marginal basins, taking into consideration the following reasons:

a) In the clastic of tuffs and limestone appears lithical fragments (limestone, shales of different composition, diabases, basalts, andesites, etc.), moscovite, piroxenes, plagioclase, piroxenes, basic-mean, plagioclases, biotites, quartz, etc.; which have had as sources those ones indicated for a marginal basin.

b) The geochemistry of these lavas is tholeiitic with a calcoalcaline tendency, and their main components reflect a continuity in the process of magmatic differentiation given by SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O and MgO in reverse relation with the other oxides.

c) In the behaviour of the traces elements in these rocks there is an enrichment of the LIL elements in respect to the HFS, as is characteristic for the lavas which occur in

INTRODUCCIÓN

La zona estructuro-facial Bahía Honda fue nombrada por Khudoley (1967), la misma forma una franja de 12-17 km de ancho en la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río.

Por la presencia de yacimientos y manifestaciones sulfurosas en esta zona se han realizado numerosos estudios que han contribuido a su esclarecimiento.

Lo más significativo de ella es la existencia de rocas ofiolíticas, las cuales se encuentran emplazadas tectónicamente e integrando diferentes escamas. Su rumbo es preferentemente sublatitudinal y su buzamiento al noroeste.

En el complejo de basaltos y sus sedimentos han sido descritas las formaciones Encrucijada y Quiñones (Figura 1).

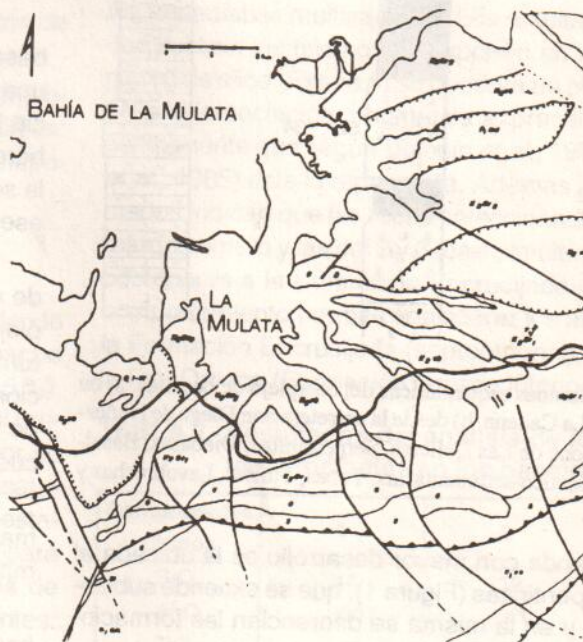


FIGURA 1. Mapa geológico esquemático de una parte de la zona estructuro-facial Bahía Honda. Fm. Encrucijada (en), Fm. Quiñones (qn), Fm. Orozco (inf. or1, sup. or2), Fm. Vía Blanca (vb), Fm. Madrugá (md), depósitos del cuaternario (Q), S-Serpentinitas, G- Gabros, contactos geológicos, planos principales de sobrecoimientos, y Fallas.

Otro elemento característico es el conjunto litológico de la formación Orozco, considerada como rocas que representan el arco volcánico cretácico (aptiano-campaniano) en la parte más occidental de Cuba.

En el trabajo se propone una columna esquemática del complejo de basaltos y sus sedimentos para la región, y se considera la Fm. Orozco como parte del mismo, atendiendo a su quimismo, edad y composición mineralógica de sus sedimentos.

Características geológicas del complejo

Al examinar el mapa geológico de la zona (Mormil *et. al.*, 1980; Barbón *et. al.*, 1991), se observa al menos en su parte occidental una banda perteneciente a la Formación Encrucijada, que aflora al norte de la franja de serpentinitas. Sus mejores afloramientos están en los alrededores del yacimiento Yagruma, sector este en el que se hallan diabasas que transicionan a basaltos, y se encuentran frecuentemente canales (Figura 2a) paralelos a la paleocuenca por donde circularon las lavas. En sus centros (de granulometría más gruesa) existen diabasas y hacia la periferia, basaltos, los cuales en la parte superior del corte tienen abundantes amígdalas.

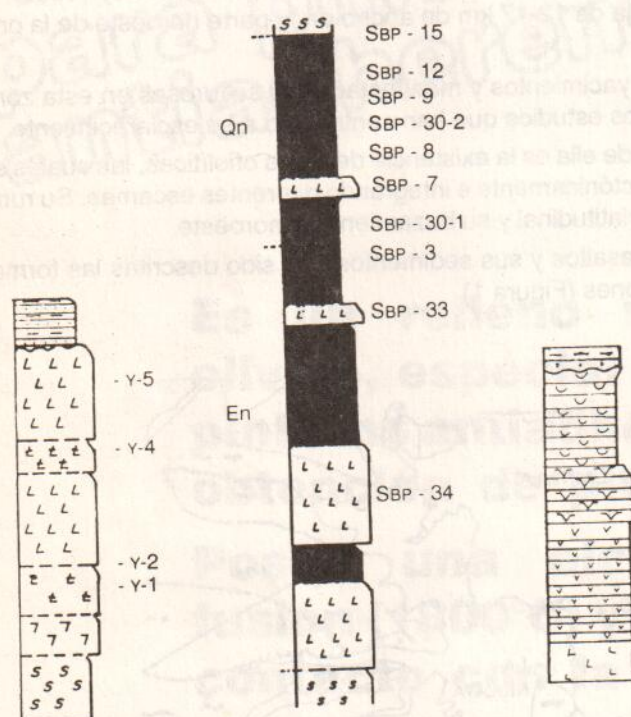


FIGURA 2. Columnas esquemáticas del complejo de basaltos. a) en las cercanías de La Cadena, b) desde la carretera San Diego de Núñez-Soroa, c) en la zona de Las Delicias, Serpentinitas, Diabasas, Basaltos, Rocas piroclástico-sedimentarias, Tobas, Tufitas, Lavobrechas y Fm. Vía Blanca.

Otra banda con mayor desarrollo es la ubicada al sur de las serpentinitas (Figura 1), que se extiende sublatitudinalmente y en la misma se diferencian las formaciones Encrucijada y Quiñones.

En la Formación Encrucijada se intercalan basaltos, silicitas, calizas, lavas y tufitas. En un corte realizado por la carretera San Diego de Núñez-Soroa, a partir de la franja de serpentinitas, afloran basaltos afíricos en contacto tectónico con estas rocas; intercalados con estos, son frecuentes los paquetes de rocas sedimentario-piroclásticas (silicitas, rocas tobáceas, calizas, etc.) ver Figura 2b. El corte continúa con un predominio de rocas calcáreas (calcilutitas, calcarenitas) de la Formación Quiñones.

En el tope de esta última secuencia se ha encontrado fauna del campaniano-maestrichtiano, estas rocas contactan tectónicamente con sedimentos de la Sierra del Rosario.

En la parte más septentrional de la zona aflora en forma de franjas discontinuas la Formación Orozco (Figura 1). Sus lavas son basaltos y los sedimentos son esencialmente tobas de composición medio-ácida.

El corte descrito por Fernández (en Martínez *et. al.*, 1991), en la localidad Las Delicias (Figura 2c) comienza con basaltos de color pardo-verdusco que contactan de forma normal con un paquete de tobas vitrocrystaloclasticas psamíticas, plegadas y de estratificación media, el cual posee finas intercalaciones de tufitas y tobas vitroclásticas con abundantes radiolarios que transicionan a tobas de granulometría más gruesa (sefíticas). Estas son esencialmente cristaloclasticas de composición medio ácida, sus clastos son diversos, donde se destacan los andesitodacitas. Al finalizar el corte existen finas intercalaciones de areniscas vulcanomíticas y rocas silíceo-arcillosas las cuales contactan tectónicamente con secuencias flyschoides de la cobertura (Fm. Vía Blanca, K₂cp-m).

Composición de los sedimentos

Los sedimentos intercalados en los complejos de basaltos, originados en las cuencas marginales, poseen una marcada influencia del arco volcánico, lo que propicia la acumulación de materiales vulcanoclasticos en el borde interno o zona más cercana al arco, a diferencia de la sedimentación en el otro extremo de la cuenca, que es esencialmente pelágica.

En la zona de estudio se ha observado el aporte de materiales del arco (aptiano-campaniano) en el complejo de basaltos. Las calizas clásticas, las tobas y las tufitas ofrecen buena información acerca de la composición de los materiales depositados durante el desarrollo de la cuenca. Los principales clastos que arribaron a la cuenca son los siguientes:

Cuarzo: se presentan en granos de diferentes tamaños, varían desde la fracción aleurítica hasta la psamítica; se observan subangulosos y subredondeados.

Plagioclasas: su composición va desde labradorita hasta oligoclasa. Es más abundante que el cuarzo.

Moscovita: ocurren en pequeños cristales alargados, no sobrepasa el 3 % de las rocas. Son más frecuentes en las calcarenitas.

Piroxenos: se encuentran en forma de fenocristales, a veces partidos y en pequeñas proporciones (1-2 %).

Hornblenda: poseen sus formas típicas; sólo se observan en las rocas de Formación Orozco (superior).

Biotita: aparece de modo similar a la hornblenda.

Fragmentos de rocas: se destacan los de origen ígneo (basaltos, andesitas y granitoides), los metamórficos (esquistos sericítico-cuarcíferos, micáceo-cuarzoso-granatífero y sericíticos, cuarcitas y serpentinitas) y los calcáreos; estos últimos constituyen el componente principal de las calizas clásticas.

En la composición de los clastos existen dos posibles orígenes: piroclástico y epiclástico. En el modelo propuesto por Carey y Sigurdsson (1984) para la sedimentación de las cuencas marginales, basándose en el estudio de este aspecto en las cuencas del oeste del Océano Pacífico y el este de China, se indica que a ellas llegan materiales provenientes del arco volcánico, de los centros de apertura y de los arcos remanentes; esto le imprime una marcada asimetría a la acumulación de la cuenca. También Yamada (1984), estudia estos ambientes y propone una clasificación para los materiales que arriban a estas cuencas. Los encontrados en las rocas de la zona pueden ser agrupados del siguiente modo:

1. Provenientes del arco.

- Constituyentes esenciales: cuarzo anguloso y plagioclasas.
- Constituyentes accesorios: fragmentos de basaltos, andesitas, tobas, piroxenos, hornblenda y biotita.

2. Provenientes de la zona de apertura: fragmentos de basaltos, diabasas y serpentinitas.

3. Provenientes de un arco remanente (arco septentrional, Simón *et al.*, 1984) o una estructura metamórfica: fragmentos de calizas, esquistos de diferente composición, cuarcitas y cristales de moscovita.

Composición de las lavas

Acerca del quimismo de estas rocas se han referido diferentes autores. Zelepuguin *et al.* (1982), indican que por el contenido de sílice (47-50 %) y de álcalis (2,5-3,5 %), las lavas de la Formación Encrucijada pertenecen al grupo de basaltos medios, diferenciándose de ellos por su alcalinidad total algo elevada y que son además no saturados por completo de SiO_2 con un contenido bajo y estable de $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ (0,4-0,7), lo cual es característico para la asociación de basaltos sódicos. A las vulcanitas de Orozco le señalan dos grupos de rocas contrastantes: los basaltos y las tobas de composición dacítica.

Simón *et al.* (1983), aluden que en la zona está representado el magmatismo tipo MORB en la Formación Encrucijada y tipo PIA en la Formación Orozco, e Iturralde-Vinent (1988), plantea que las rocas presentes en el área (excluyendo a la Formación Orozco) y otras existentes en las formaciones Sábalo, Arroyo Cangre y Esperanza, tienen lugar en márgenes continentales pasivos, adyacentes a zonas de riftogénesis.

La composición química promedio de estas rocas y sus desviaciones se expresan en la Tabla 1.

En el diagrama AFM las lavas estudiadas tienen un comportamiento similar (toleítico-calcoalcalino).

TABLA 1. Composición química promedio (%) y desviaciones típicas de los basaltos

| Formaciones Óxidos | Encrucijada | Orozco (Inf.) | Orozco (sup.) |
|-------------------------|-------------|---------------|---------------|
| SiO_2 | 45,86/2,2 | 50,72/2,2 | 51,86/2,5 |
| Al_2O_3 | 14,07/2,12 | 11,53/1,4 | 13,77/1,6 |
| TiO_2 | 1,02/3 | 1,07/2 | ,47/2 |
| FeO | 5,3/2,1 | 4,36/1,1 | 3,78/1,6 |
| Fe_2O_3 | 3,03/2,2 | 4,84/1,4 | 3,99/1,5 |
| MgO | 6,85/2,4 | 6,22/1,4 | 7,86/1,1 |
| CaO | 10,92/2,4 | 8,2/1,6 | 6,02/1,78 |
| Na_2O | 3,42/1,85 | 4,05/1,2 | 5,46/1,28 |
| K_2O | ,57/1,46 | ,66/1,71 | ,38/1,26 |
| MnO | ,16/0,8 | ,15/0,2 | ,13/0,2 |
| P_2O_5 | ,12/0,5 | ,1/0,2 | ,08/0,5 |
| H_2O | ,85/3,3 | ,54/4,3 | --- |
| PPI | 6,51/1,96 | 6,33/1,14 | 4,47/1,53 |

Con el fin de profundizar en el quimismo de estas rocas se aplicó el método de los componentes principales (estadística multivariada). Los resultados y el modelo que ilustran los mismos se exponen en la Tabla 2. En el ploteo de ellos (Figura 3) se observa un proceso continuo en la diferenciación magmática expresado en su primer componente que según Belonin *et al.*, 1982 (en Talavera, *et al.*, 1985) este lo representa. Además, los campos formados indican que las rocas seleccionadas con el 1 ocurrieron primero y las del 2 y 3, casi simultáneamente, pero posteriores a la Formación Encrucijada-Quíñones. Este comportamiento permite considerar los afloramientos de la Formación Encrucijada (septentrional), como parte de la Fm. Orozco (Formación Orozco inferior).

TABLA 2. Resultados del análisis de los componentes principales en los basaltos

| Componentes. Óxidos | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------|-------|------|------|
| SiO_2 | ,44 | ,12 | -,18 |
| Al_2O_3 | -,001 | -,41 | ,45 |
| TiO_2 | -,38 | ,12 | -,19 |
| Fe_2O_3 | ,05 | ,56 | -,02 |
| FeO | -,23 | -,43 | -,33 |
| CaO | -,42 | ,06 | ,19 |
| MgO | ,18 | -,03 | -,45 |
| Na_2O | ,35 | -,16 | ,33 |
| K_2O | -,12 | ,37 | -,04 |
| MnO | -,16 | -,3 | -,44 |
| P_2O_5 | -,26 | ,43 | ,06 |
| PPI | -,38 | ,05 | ,22 |

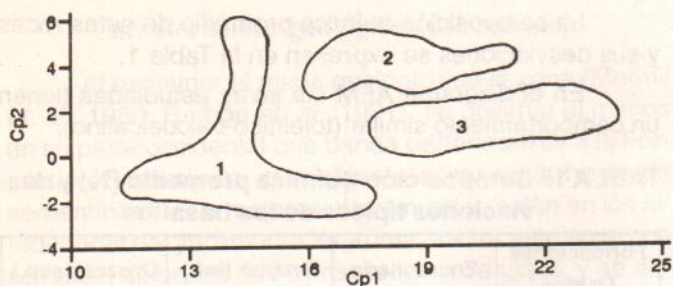


FIGURA 3. Relación de los componentes principales (cp1-cp2) en los basaltos de la región de Bahía Honda. 1) Fm. Encrucijada-Quiñones, 2) Fm. Orozco (inf.) y 3) Fm. Orozco (sup.).

ROCA / MORB.

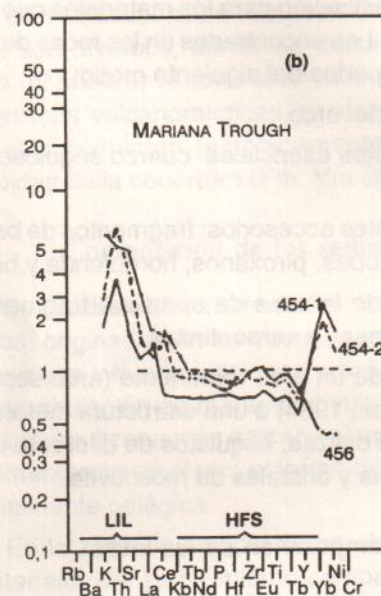
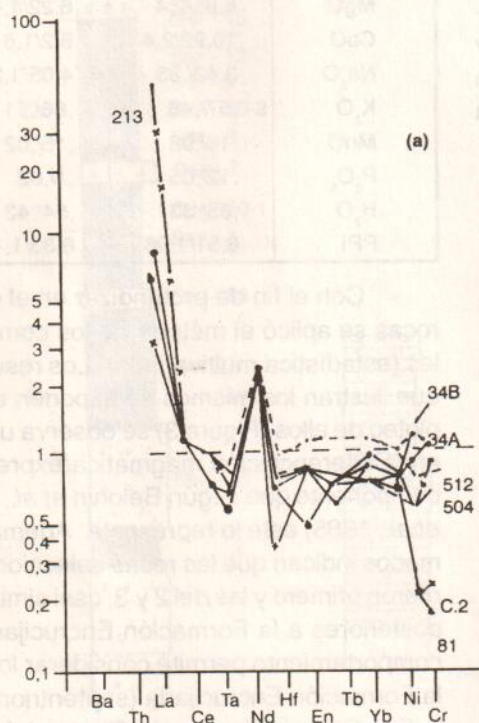


FIGURA 4. a) Comportamiento de los elementos trazas en los basaltos, b) Cuenca marginal Mariana (según Saunders y Tarney, 1984).

La Figura 5 relaciona el TiO_2 -Zr (Pearce y Cann, 1973) observándose la naturaleza oceánica de las secuencias estudiadas. En particular, en la Figura 6 que relaciona el CaO/TiO_2 - TiO_2 y el $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ - TiO_2 (Dostal *et al.*, 1991), se corrobora en cierta medida el carácter oceánico de la Formación Orozco, al no identificarse con el campo boninitico.

Algunos autores se han destacado en el estudio del quimismo de los basaltos tipo BABB (back arc basins basalts). Entre ellos pueden citarse Saunders *et al.* (1980); Hawkins (1980), Saunders y Tarney (1984), quienes establecen diferencias con los del tipo MORB Y PIA, dadas precisamente, porque los basaltos de las cuencas marginales tienen un quimismo que transiciona entre los mismos.

En las Figuras 7 y 8 se relacionan el Zr- TiO_2 , y el TiO_2 - P_2O_5 (Hawkins, 1980), obteniéndose la variación de los basaltos de la zona de estudio y su tendencia al quimismo de los basaltos tipo BABB.

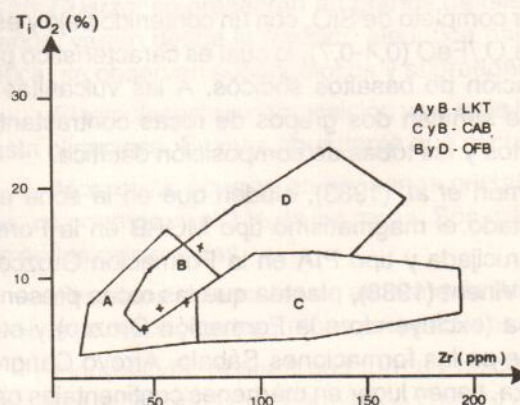


FIGURA 5. Relación TiO_2 -Zr de los basaltos. () Encrucijada-Quiñones y () Orozco (inf.). Campos dados por Pearce y Cann (1973) para diferentes tipos de basaltos, LKT-Toleitas bajas en potasio, CAB-Basaltos calcoalcalinos y OFB-Basaltos de superficies oceánicas.

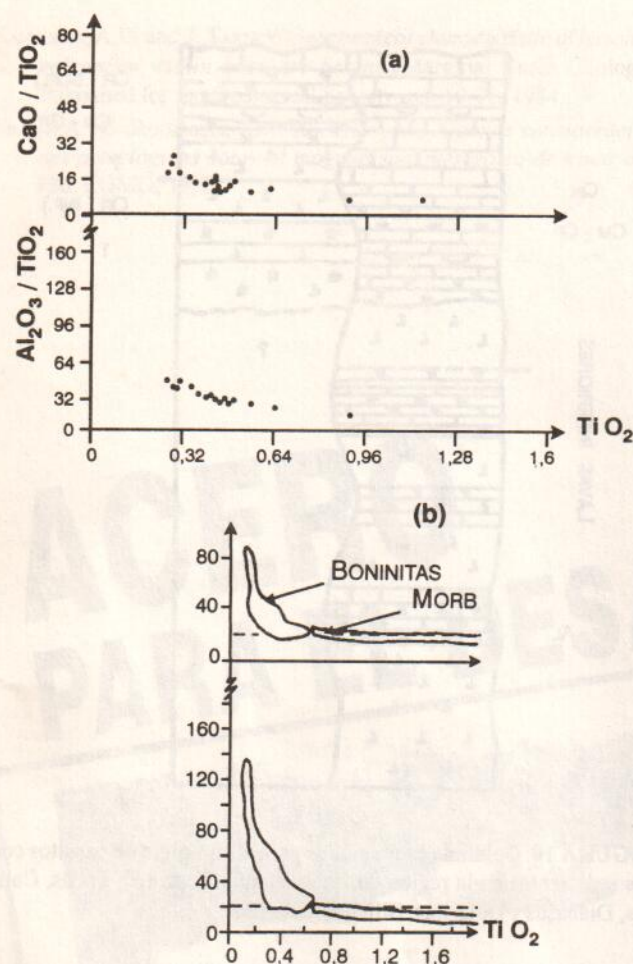


FIGURA 6. Relación TiO_2 - CaO/TiO_2 y TiO_2 - $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$. a) Basaltos de la Fm. Orozco (sup.) y b) Campos de los basaltos tipo MORB y Boniniticos (según Dostal *et. al.*, 1991).

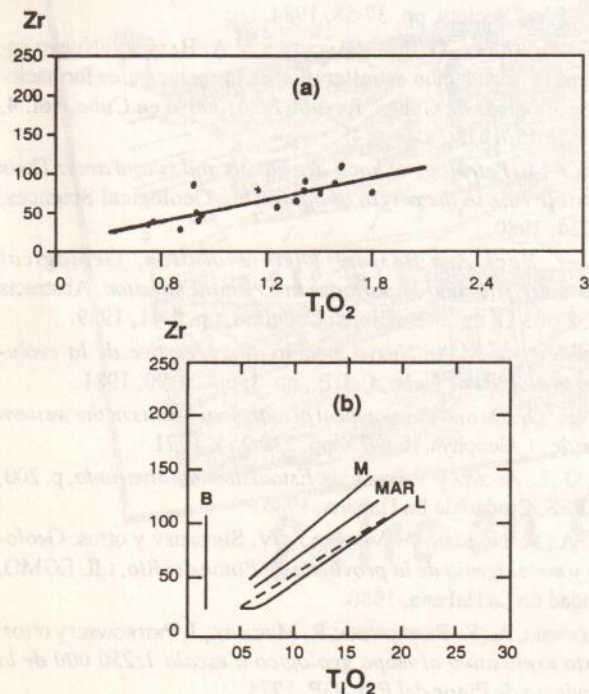


FIGURA 7. Relación TiO_2 -Zr. a) Basaltos de la región de Bahía Honda y b) Basaltos de diferentes regiones del mundo. L) Cuenca marginal Lau, MAR) Basaltos de la cordillera centro Atlántica, M) Cuenca Mariana y B) Boninitas del arco Mariana (según Hawkins, 1989).

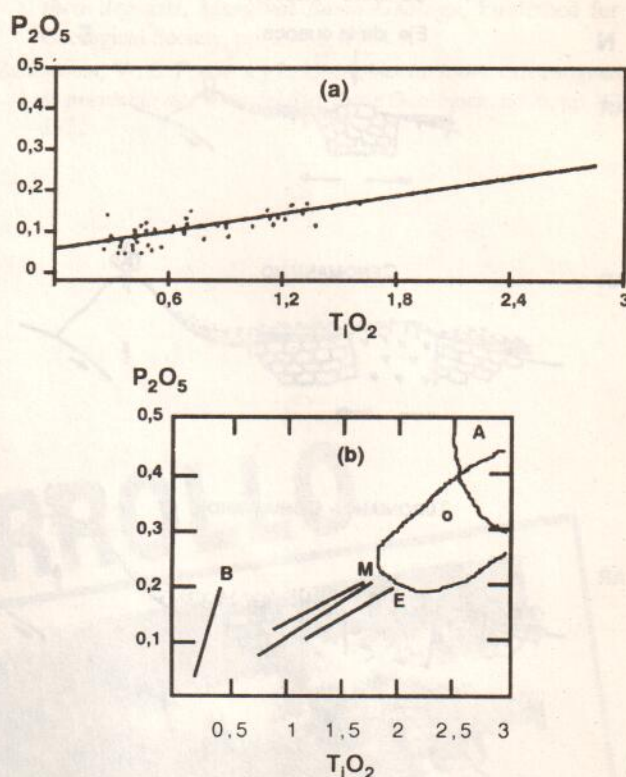


FIGURA 8. Relación TiO_2 - P_2O_5 . a) Basaltos de la región de Bahía Honda y b) Basaltos de diferentes ambientes, L) Cuenca marginal Lau, E) Basaltos de la cordillera Centro Océánica, M) Cuenca Mariana, B) Boninitas del arco Mariana, O) Basaltos de las Islas Océánicas y A) Basaltos alcalinos (según Hawkins, 1980).

Discusión

En la Formación Encrucijada hay un predominio de sedimentos pelágicos, con algunas intercalaciones vulcanoclásticas en su parte más alta. Esto último se mantiene en la Formación Quiñones, hasta que finalmente hay en esta una preponderancia de los materiales epiclásticos. Los mismos no poseen lavas, por lo que representan sedimentos acumulados en el borde externo de la cuenca. En la Formación Orozco abundan los sedimentos vulcanoclásticos.

En tal sentido, la cuenca tuvo varias fuentes de aportes, donde resalta la metamórfica por la edad de los sedimentos en que aparecen, a partir del cenomaniense y hasta el campaniense. Por otra parte, los resultados obtenidos confirman que las lavas estudiadas se generaron en condiciones oceánicas, específicamente en un ambiente tipo BAB, como ha sido denotado por otros autores (Simón, 1990 en comunicación personal y Fernández en Martínez *et. al.*, 1991).

A partir de las características del complejo en la región y el modelo de desarrollo para una cuenca marginal dado por Carey y Sigurdsson (1984), los autores del trabajo consideran que la paleocuenca San Diego de los Baños pudo tener la siguiente evolución (representada en la Figura 9).

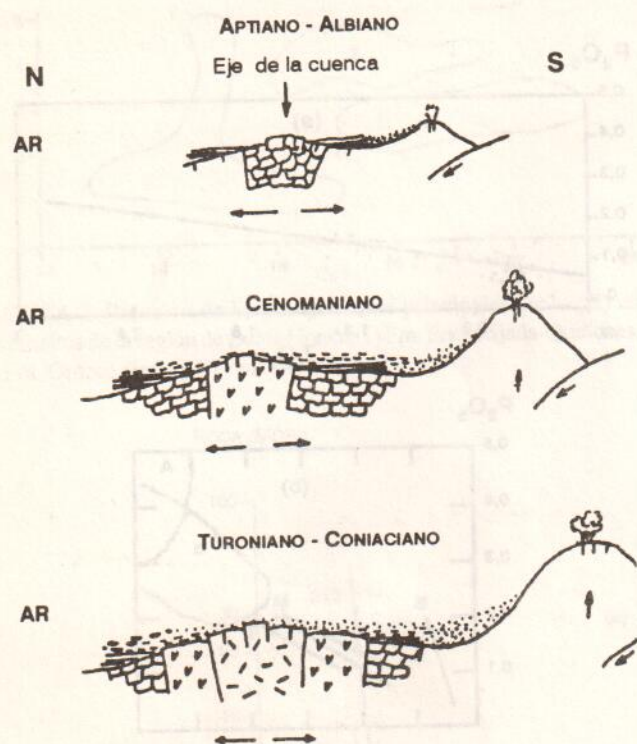


FIGURA 9. Esquema evolutivo del magmatismo y la sedimentación de la cuenca marginal San Diego de Los Baños. AR) Arco Remanente, Sedimentos silíceo-carbonatados, Sedimentos silíceo-carbonatado-piroclásticos, Sedimentos carbonatados, Sedimentos piroclásticos.

1. Desde el punto de vista sedimentológico

- Sedimentos pelágicos de carácter silíceo-carbonatado desde el aptiano y principios del albio.
- Mezcla de sedimentos silíceo-calcareos con influencias piroclásticas del arco, durante el albio y el cenomaniaco.
- Influencia de sedimentos piroclásticos desde el coniaciano hasta el campaniano inferior; en su borde externo predominaron en esta etapa los sedimentos pelágicos de carácter carbonatado con pequeñas intercalaciones silíceas y piroclásticas al inicio.

2. Desde el punto de vista magmático

- Surgimiento de las lavas de Encrucijada desde el inicio del aptiano hasta el albio.
- La formación de las lavas de Quiñones en el cenomaniaco.
- Surgimiento de las lavas de Orozco (inferior) en el turoniano?
- La formación de las lavas de la parte superior de Orozco en el coniaciano.

Después de realizarse una valoración de los resultados obtenidos, se propone una columna esquemática (Figura 10), que representa las relaciones estratigráficas del complejo de basaltos con sus sedimentos en la región de Bahía Honda.

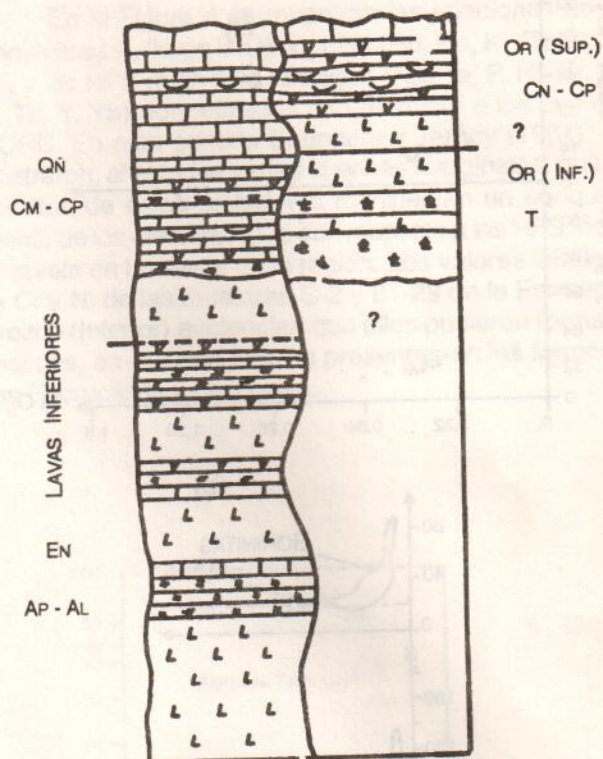


FIGURA 10. Columna esquemática para el complejo de basaltos con sus sedimentos en la región de Bahía Honda. Basaltos, Tobas, Calizas, Diabasas y Doleritas, Silicitas y Tufitas.

REFERENCIAS CITADAS

- CAREY, S. and H. SIGURDSSON: *A model of volcanogenic sedimentation in marginal basins*, *Marginal Basin Geology*, Published for the Geological Society, pp. 37-58, 1984.
- FURRAZOLA-BERMÚDEZ, G.; J.R. SÁNCHEZ y V.A. BASSOV: «Nuevo esquema de correlación estratigráfica de las principales formaciones geológicas de Cuba», *Revista La Minería en Cuba*, vol. 4, no 3, p. 40. 1978.
- HAWKINS, J. M.: *Petrology of back-arc basins and island arcs: Their possible role in the origin of ophiolites*, *Geological Sciences*, p. 224, 1980.
- : *Back-Arc Basins: Their evolution, Geological Characteristics and Importance in Crustal Evolution*, Abstracts vol. 2 of 3 28 th, International Congress, pp. 2-41, 1989.
- ITURRALDE-VINENT, M.A.: *Nuevo modelo interpretativo de la evolución geológica de Cuba*, C.T.E., no. 3, pp. 51-90, 1981.
- KARIG, D.E.: *Origin and development of marginal basins in the western Pacific*, *J. Geophys. Res.* 75, pp. 239-255, 1971.
- LINARES, G.; L. ACOSTA y V. SISTACHS: *Estadística multivariada*, p. 200, ENPES, Ciudad de La Habana, 1986.
- MORMIL, A.; A. NORMAN; A. VARVAROV; V. SHOSIRIEV y otros: *Geología y metalogía de la provincia de Pinar del Río*, t.II, EGMO, Ciudad de La Habana, 1980.
- PSZCZOLKOWSKI, A.; K. PIOTROWSKA; R. MYCZNSK; J. PIOTROWSKI y otros: *Texto explicativo al mapa geológico a escala 1:250 000 de la provincia de Pinar del Río*, IGP, 1975.
- SAUNDERS, A.D.; J. TARNEY; N.G. MARSH and D.A. WOOD: *Ophiolites as ocean crust or marginal crust: A geochemical approach*, *International Symposium Cyprus 1979*, pp. 193-203, 1980.

SAUNDERS, A.D. and J. TARNEY: *Geochemical characteristic of basaltic volcanism within back-arc basins*, *Marginal Basin Geology*, Published for the Geological Society, pp. 59-76, 1984.

SIMÓN, A.; G. RODRÍGUEZ y M. IZQUIERDO, M.: *Algunas consideraciones petrológicas sobre el magmatismo mesozoico de Pinar del Río*, EGMO, 1983.

YAMADA, E.: *Subaqueous pyroclastic flows: their developoment and their deposits*, *Marginal Basin Geology*, Published for the Geological Society, pp. 29-35, 1984.

ZELEPUGUIN, V.; E. FONSECA y L. DÍAZ: *Asociaciones vulcanógenas de la provincia de Pinar del Río*, Serie Geológica, no. 6, pp. 42-74, 1982.

ACERO PARA EL DESARROLLO



Entre en contacto con nosotros