

Características generales del vulcanismo en la región Ciego de Ávila - Camagüey - Las Tunas (Cuba)

F. TALAVERA CORONEL, B. ECHEVARRÍA,
D. TCHOUNEV, S. IANEV, y T. TZANKOV

RESUMEN

La actividad volcánica en la región estudiada representa la evolución de un arco volcánico desde condiciones de mar profundo hasta subaéreas. La composición de los productos volcánicos indica la presencia de dos fases: (a) una primera fase de carácter toleítico inicial, con transición gradual a la serie calcoalcalina, y (b) una segunda fase de carácter alcalino.

1. INTRODUCCIÓN

Las secuencias volcánicas de Cuba fueron estudiadas de forma muy fragmentaria, hasta que TIJOMIROV (1967) realizó una generalización de las rocas magmáticas de nuestro territorio, estableciendo lo que él denominó "formaciones magmáticas de Cuba", dentro de las cuales destacó las formaciones espilitodiabásica (Cr 1-2) y andesítica (Pg₁ - Pg₂) para el caso que nos interesa.

La formación espilitodiabásica corresponde a lo que se conoce como zona Zaza en la literatura cubana, aunque en la región de Camagüey TIJOMIROV (1967) incluyó la formación andesítica, que ocupa, además, el área de la Sierra Maestra. En trabajos más recientes, V. Shevchenko y otros (inédito)¹ se refirieron a secuencias paleogénicas dentro del arco cretácico. En la actualidad, los datos del levantamiento de las provincias centro-orientales, a escala 1:250 000, no confirman la presencia de rocas volcánicas más jóvenes que el Campaniano (M. Iturralde y otros, inédito).²

Manuscrito aprobado el 26 de noviembre de 1985.

F. Talavera Coronel y B. Echevarría pertenecen al Instituto de Geología y Paleontología, de la Academia de Ciencias de Cuba. D. Tchounev, S. Ianev, y T. Tzankov pertenecen al Instituto de Geología, de la Academia de Ciencias de Bulgaria.

En el trabajo se exponen las ideas de los autores sobre la región investigada y se utiliza la clasificación y nomenclatura de BOGATIKOV *et al.* (1981) para las rocas magmáticas.

1. GEOLOGÍA DE LA REGIÓN ESTUDIADA

La actividad volcánica en la región Ciego de Ávila - Camagüey - Las Tunas se ha dividido en dos etapas fundamentales, en correspondencia con el carácter de la sedimentación, el tipo y la morfología de las erupciones, y la composición petrográfica de sus productos (Fig. 1).

La primera etapa del desarrollo del vulcanismo se acompaña con deposición de "flysch" vulcanógeno en condiciones de mar profundo. La misma comprende las unidades litoestratigráficas "Guáimaro" y "Contramaestre", y la secuencia "Sierra de Rompe". La primera unidad, de actividad efusiva típica de lavas y edad Cenomaniano-Santoniano, presenta el nudo magmático Guáimaro; la segunda, el manto vulcanógeno-sedimentario de edad Santoniano-Campaniano,

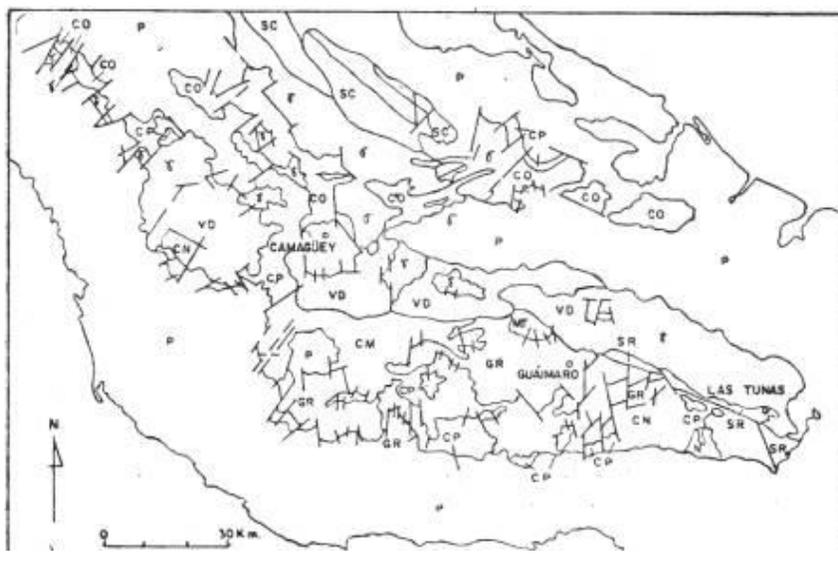


FIG. 1. Mapa geológico simplificado del territorio Ciego de Ávila - Camagüey - Las Tunas. (γ) granitoides; (σ) ultrabasitas serpentinizadas; (SC) secuencia carbonatada del margen continental; (SR) secuencia Sierra de Rompe; (GR) Formación Guáimaro; (CN) Formación Contramaestre; (VD) Formación Vidot; (CO) Formación Caobilla; (MT) Formación Martí; (CP) cobertura del arco volcánico; (P) cobertura cenozoica.

¹ "Informe final sobre los trabajos de levantamiento y búsqueda, a escala 1:100 000, en las zonas de la parte sur del anticlinorio Camagüey (región Guáimaro - Las Tunas)." Centro Nacional del Fondo Geológico, MINBAS, 1978.

² "Geología del territorio Ciego - Camagüey - Las Tunas." Archivo del Instituto de Geología, ACC, 1981.

que asciende a este macizo volcánico. En la secuencia "Sierra de Rompe" (TCHOUNEV *et al.*, 1986) se han observado afloramientos de basaltos de carácter toleítico, que se consideran como la parte inferior de la actividad volcánica, ubicada probablemente en el Cretácico Inferior.

Para esta etapa es característica la existencia de nudos volcánicos aislados y no numerosos. El nudo principal y más amplio es el citado Guáimaro, mientras que el segundo centro volcánico, Rapado, tiene una significación secundaria, tanto por el área y volumen de los productos como por la continuidad de la actividad. Probablemente han existido otros centros secundarios, que han sido cubiertos por unidades más jóvenes.

Evidentemente, en el fondo de la cuenca han existido lugares fuertemente dislocados con una compleja estructura de bloques, lo que ha condicionado el tipo areal del vulcanismo. La existencia de numerosas fallas ha desempeñado el papel de conductores de magma. Las direcciones principales de las estructuras vulcanotectónicas son: (a) *WNW-ESE* y (b) *SW-NE*. La primera coincide con la dirección general del arco volcánico y en la misma se ordenan las estructuras de tipo central. La dirección *SE-NE* está indicada por la disposición espacial de cuerpos subvolcánicos que subrayan el sistema de estructuras falladas conductoras de magma.

Fuera de los campos areales, se ha formado el grueso manto vulcanógeno-sedimentario con amplia distribución (Fig. 1). Este manto es más característico alrededor del nudo magmático Guáimaro, el cual está rodeado y parcialmente cubierto por él, con excepción de la parte *N*, que ha sido destruida por las intrusiones de granitoides.

La segunda etapa está caracterizada por la deposición de molasas vulcanógenas, en condiciones de mar poco profundo y subaérea hacia el final del vulcanismo. La actividad volcánica y el área de la sedimentación se extienden hacia el *N* y comprenden las unidades litoestratigráficas del Campaniano: Vidot, Caobilla, y Martí.

El estudio de esta etapa se dificulta por la escasez de afloramientos. Las erupciones han manifestado un acentuado carácter explosivo, pues las piroclastitas predominan sobre las lavas. Los centros volcánicos están enlazados principalmente con dos sistemas de fallas conductoras de magma: el primero longitudinal y el segundo transversal al arco volcánico. Probablemente, en las intersecciones de estos dos sistemas se originaron los centros volcánicos. Entre las morfofacies accesibles a la observación, las más distribuidas son mantos y coladas, relacionados presumiblemente con estructuras más complejas.

Una evidencia indirecta sobre la justeza de este ambiente estructural es el hecho de que los campos ocupados exclusivamente por lavas están aislados y tienen forma oval y no alargada. Las erupciones fisulares también han tenido lugar, pero no se han observado afloramientos, presumiblemente porque la erosión preservó solamente aquéllas en las que se formaron cuarcitas secundarias más resistentes a la destrucción.

3. CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS GENERALES

Las rocas descritas a continuación se agrupan según la clasificación adoptada en el presente trabajo, y solo se hace referencia a los productos lávicos del vulcanismo.

3.1 Rocas básicas

En este grupo se describen las rocas denominadas basaltos picríticos, basaltos, y traquibasaltos, que presentan características petrológicas y geoquímicas cercanas.

Las estructuras que se manifiestan en las rocas son la porfírica y raramente la afírica. Los fenocristales pueden ser de plagioclasa-piroxeno, plagioclasa-piroxeno-anfíbol, o piroxeno. La plagioclasa es del tipo andesina-labrador An_{46-64} , en ocasiones zonada. Los clinopiroxenos son los más abundantes, y son escasos los piroxenos rómicos; en general, la augita es el mineral dominante de estos grupos, y en ocasiones representa los únicos fenocristales de las rocas. El anfíbol aparece subordinadamente y varía desde lamprohilita hasta hornblenda. El olivino desempeña un papel secundario y, en general, es parcialmente sustituido por iddingsita. Los minerales accesorios observados son: magnetita, apatito y, en menor grado, esfena.

La matriz de las rocas presenta estructuras diversas, entre las que se destacan la intergranular, la interseccional y la vítrea, hasta la verdaderamente holocristalina en rocas subvolcánicas.

3.2 Rocas medias

Bajo esta denominación describimos la andesita, los andesito-basaltos, las traquiandesitas, los traquiandesito-basaltos, y las traquitas. En general, se caracterizan por su estructura porfírica a partir de plagioclasa An_{31-59} , frecuentemente con estructura zonal. De los piroxenos, son raros los rómicos, mientras que la hornblenda es dominante en algunos casos. En las variedades de rocas más típicas (piroxénicas y piroxeno-hornbléndicas subalcalinas) se destacan fenocristales de feldespato potásico, asociados con plagioclasa An_{24-36} . Como minerales accesorios, se observan magnetita y apatito en cantidades muy pequeñas.

La estructura de la matriz para estas rocas varía de hialopilitica, intergranular, intersecial, pilotaxica a traquítica; también se observa la perlítica.

Las rocas de este grupo son las más importantes durante el desarrollo del arco volcánico.

3.3 Rocas ácidas

Estas rocas son características de la etapa de desarrollo final del vulcanismo, y en ellas se destacan dacitas, riolacitas y, en menor medida, riolitas. Los tipos petrográficos de estas rocas presentan transformaciones secundarias que dificultan su reconocimiento.

Las rocas son porfíricas a partir de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, anfíbol, y biotita. El cuarzo, cuando aparece en fenocristales, es de tipo riolítico. La plagioclasa varía en la gama oligoclasa-andesina, An_{26-32} . El feldespato potásico es difícil de identificar en fenocristales, por los procesos secundarios; éste también se presenta en estructuras esferulíticas asociadas con cuarzo. El anfíbol se manifiesta preferentemente como hornblenda verde. Raramente se encuentra biotita. Los minerales accesorios observados son los expuestos en el epígrafe 3.2.

Las rocas tienen matriz microlítica esferulítica, aunque entre las variedades vítreas es frecuente la perlítica.

4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS GENERALES

La región en estudio presenta una gran complejidad tectónica, alteraciones hidrotermales postmagmáticas, y el fuerte intemperismo de una zona tropical; factores que dificultan notablemente la confección de colecciones y la selección de muestras apropiadas. Han sido escogidas solo aquéllas que no presentan afectaciones apreciables al microscopio y satisfacen los índices de intemperismo de Parker y Reiche (COLMAN, 1982).

Los valores medios de los resultados analíticos y sus correspondientes desviaciones típicas se presentan en las Tablas 1 y 2. La agrupación de las muestras fue realizada según la clasificación de rocas volcánicas adoptada en el presente artículo (BOGATIKOV *et al.*, 1981), que se basa en diagramas del contenido de $Na_2O + K_2O$ como función de SiO_2 . En la misma se utiliza el prefijo "traqui" para denotar rocas de composición subalcalina. Estas coinciden con la serie alcalina de IRVINE y BARAGAR (1971), y no caen en el campo de las nefelinitas de MAC DONALD y KATSURA (1964).

Los traquibasaltos analizados presentan nefelina (2-10%) y olivino (4-12%) en la norma CIPW. Los otros dos tipos de basaltos

(no. 1 y no. 3 en la Tabla 1) pertenecen a la serie toleítica, según el diagrama triangular AFM y el gráfico del contenido de Al_2O_3 como función de la composición de la plagioclasa normativa (IRVINE y BARAGAR, 1971).

Los basaltos picríticos se caracterizan por su bajo contenido de SiO_2 (menos de 45%) y alto de MgO (más de 18%), y presentan en la composición normativa CIPW olivino (20-30%) e hiperstena (20-10%). El tercer grupo de basaltos (no. 3, Tabla 1) corresponde a basaltos toleíticos sobresaturados en sílice y con hiperstena normativa (15-30%).

Las muestras correspondientes a las rocas de baja alcalinidad (nos. 4, 6, 9 y 11 en las tablas 1 y 2) se clasificaron en toleíticas y cal-

TABLA 1. Composición química de los distintos tipos de rocas y sus desviaciones típicas correspondientes. 1, basalto picrítico; 2, traquibasalto; 3, basalto; 4, andesito-basalto; 5, traquiandesito-basalto.

Compo- nente	1 (N = 2)	2 (N = 24)	3 (N = 12)	4 (N = 6)	5 (N = 2)
SiO_2	43,41 ± 1,71	47,88 ± 2,00	48,94 ± 1,18	55,51 ± 1,09	54,80 ± 1,27
TiO_2	0,52 ± 0,19	0,72 ± 0,29	0,75 ± 0,20	0,55 ± 0,29	0,44 ± 0,05
Al_2O_3	8,66 ± 0,67	17,28 ± 1,76	14,52 ± 1,76	18,41 ± 1,56	17,2 ± 0,39
Fe_2O_3	4,63 ± 0,66	4,68 ± 1,29	5,43 ± 1,41	2,66 ± 1,03	2,77 ± 1,72
FeO	7,33 ± 1,86	5,01 ± 1,18	5,67 ± 0,62	3,76 ± 1,42	2,98 ± 0,65
MnO	0,22 ± 0,03	0,19 ± 0,05	0,23 ± 0,06	0,21 ± 0,16	0,10 ± 0,09
MgO	20,35 ± 2,76	5,64 ± 1,88	8,29 ± 2,94	3,63 ± 0,82	2,54 ± 1,19
CaO	9,17 ± 1,23	9,52 ± 1,32	10,22 ± 1,30	10,22 ± 2,75	7,18 ± 0,59
Na_2O	0,62 ± 0,18	3,73 ± 0,78	2,40 ± 0,82	3,46 ± 0,42	3,72 ± 0,57
K_2O	0,09 ± 0,01	3,73 ± 0,78	2,40 ± 0,82	3,46 ± 0,42	3,72 ± 0,57
P_2O_5	0,24 ± 0,05	0,40 ± 0,18	0,27 ± 0,12	0,32 ± 0,21	0,32 ± 0,04
P.P.I.	4,70 ± 0,26	2,36 ± 1,22	2,17 ± 1,27	2,28 ± 0,66	4,30 ± 1,20
H_2O^-	0,22 ± 0,26	0,33 ± 0,22	0,40 ± 0,50	0,65 ± 0,36	0,43 ± 0,28
Total	100,16	99,68	99,95	100,01	100,15

TABLA 2. Composición química de los distintos tipos de rocas y sus desviaciones típicas correspondientes. 6, andesita; 7, traquiandesita; 8, traquita; 9, dacita; 10, traquidacita; 11, riolacita.

Componente	⁶ (N = 5)	⁷ (N = 14)	⁸ (N = 3)	⁹ (N = 4)	¹⁰ (N = 2)	¹¹ (N = 4)
SiO ₂	58,82 ± 1,96	58,76 ± 3,23	60,70 ± 1,58	67,33 ± 1,82	66,75 ± 2,83	70,50 ± 1,61
TiO ₂	0,59 ± 0,20	0,46 ± 0,19	0,36 ± 0,14	0,36 ± 0,06	0,32 ± 0,22	0,34 ± 0,16
Al ₂ O ₃	15,94 ± 1,07	16,83 ± 1,31	16,99 ± 0,84	14,62 ± 2,29	14,56 ± 0,82	13,60 ± 2,21
Fe ₂ O ₃	2,79 ± 1,15	2,36 ± 1,06	2,30 ± 0,89	1,68 ± 0,72	1,77 ± 0,06	0,68 ± 0,19
FeO	3,96 ± 1,20	3,27 ± 1,20	2,32 ± 0,50	1,74 ± 0,39	1,95 ± 0,21	1,11 ± 0,61
MnO	0,14 ± 0,04	0,16 ± 0,07	0,14 ± 0,05	0,06 ± 0,05	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,01
MgO	2,36 ± 0,84	2,11 ± 0,75	2,00 ± 0,79	1,42 ± 0,66	1,07 ± 0,55	1,30 ± 0,65
CaO	6,88 ± 1,38	5,48 ± 1,56	1,99 ± 1,40	3,35 ± 1,19	1,92 ± 0,32	1,54 ± 0,49
Na ₂ O	3,44 ± 0,60	3,99 ± 0,76	4,75 ± 0,72	4,95 ± 0,72	4,36 ± 0,58	2,30 ± 1,32
K ₂ O	2,24 ± 1,33	3,27 ± 1,04	6,37 ± 1,35	1,76 ± 0,80	5,16 ± 0,58	5,74 ± 2,18
P ₂ O ₅	2,17 ± 0,76	2,15 ± 0,65	1,67 ± 0,32	1,99 ± 0,08	1,30 ± 0,07	1,91 ± 0,64
P.P.I.	0,49 ± 0,27	0,57 ± 0,54	0,30 ± 0,08	0,43 ± 0,22	0,48 ± 0,28	0,34 ± 0,28
Total	100,14	99,72	100,19	99,81	99,99	99,86

coalinas, según el diagrama triangular AFM y el gráfico del contenido de SiO_2 en dependencia de la relación de hierro total como FeO hacia MgO (MIYASHIRO, 1974). El diagrama AFM indicó carácter calcoalcalino para todas las muestras, mientras que el gráfico de MIYASHIRO (1974) señalaba un comportamiento ambivalente de andesito-basaltos y andesitas. Debe destacarse la proximidad de estas muestras a las curvas de discriminación en ambos diagramas.

Considerando los resultados obtenidos y la posición estratigráfica de los basaltos toleíticos y los picríticos (TCHOUNEV *et al.*, 1986), puede plantearse la división de la actividad volcánica en dos fases: la primera representa el comienzo de la actividad volcánica de carácter toleítico y su transición al tipo calcoalcalino; la segunda, la reactivación del vulcanismo con su carácter alcalino (basaltos olivínicos alcalinos - traquitas) y la transición de la serie sódica inicial a potásica, con la evolución de la actividad (véase variación de los contenidos de Na_2O y K_2O en las tablas 1 y 2).

Otro resultado importante es el relacionado con el ambiente tectónico de la actividad volcánica. Según el diagrama de variación del contenido de TiO_2 con la relación hierro total como FeO hacia MgO (BIKEMMAJER *et al.*, 1981), las muestras estudiadas corresponden a vulcanitas de arcos de islas.

Para precisar las tendencias fundamentales en la evolución magmática, se utilizó el análisis de factores en modo "R" con rotación VARIMAX de los mismos (BELONIN *et al.*, 1982). Se utilizaron todas las muestras seleccionadas y se agruparon para el trazado de los campos de variación, según los tipos de rocas presentados en las tablas 1 y 2. Los resultados analíticos fueron recalculados a 100% en base seca y se transformaron a media nula y desviación típica unitaria para cada macrocomponente.

Los factores obtenidos se exponen en la Tabla 3, y la representación gráfica de los valores de los primeros dos factores se muestra en la Fig. 2, en la que se puede apreciar la doble tendencia inicial de ambas series volcánicas, la toleítica y la alcalina, representadas por las flechas.

La continuación de estos trabajos se encamina hacia el estudio de elementos trazas, a fin de comprobar los resultados obtenidos hasta el presente. Debe señalarse que en el primer factor (Tabla 3) los miembros positivos más importantes son los correspondientes a SiO_2 y K_2O , y que la diferencia fundamental entre las rocas subalcalinas (nos. 2, 5, 7, 8, y 10 en las tablas 1 y 2) y las otras, es el mayor contenido de potasio. Esto indica el carácter predominante del potasio en el proceso de evolución magmática.

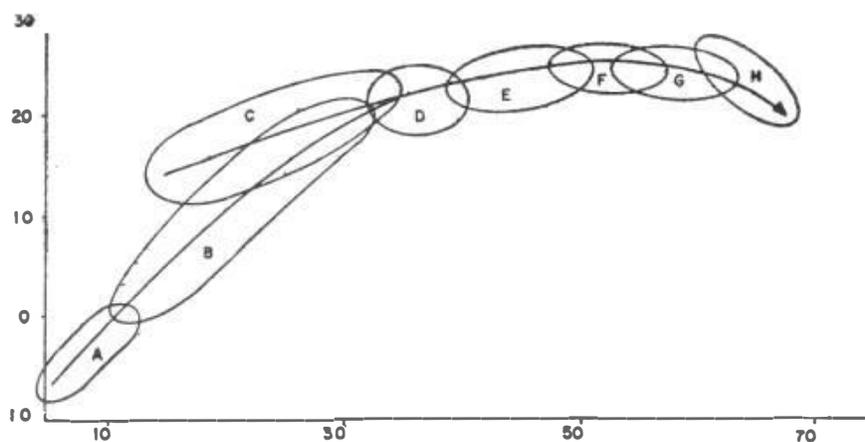


FIG. 2. Diagrama de variación de los valores de los factores para los distintos tipos de rocas. (A) basalto picrítico; (B) basalto; (C) traquibasalto; (D) andesitobasalto y traquiandesitobasalto; (E) andesita y traquiandesita; (F) traquita; (G) dacita y traquidacita; (H) riodacitas.

TABLA 3. Análisis de factores de las rocas volcánicas.

Componente	Factores		
	1	2	3
SiO ₂	0,89	0,17	-0,28
TiO ₂	-0,58	0,10	0,42
Al ₂ O ₃	-0,06	0,84	0,24
Fe ₂ O ₃	-0,78	0,19	0,10
FeO	-0,81	0,16	0,23
MnO	-0,71	0,11	-0,02
CaO	-0,89	-0,15	0,06
Na ₂ O	0,23	0,74	-0,01
K ₂ O	0,79	0,10	0,28
P ₂ O ₅	-0,12	0,10	0,50
Dispersión en % acumulativo	43,5	60,1	70,2

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de la actividad volcánica puede dividirse en dos etapas. La primera etapa se desarrolló en condiciones de mar profundo con generación de "flysch" vulcanógeno. La composición de las lavas varía de básica media (basaltos, traquibasaltos, andesitobasaltos y traquiandesito-basaltos). Las rocas se caracterizan al microscopio por la presencia de fenocristales de clinopiroxeno y plagioclasa básica y, en cantidades subordinadas, olivino, ortopiroxenos y anfíboles. Como minerales accesorios, se observan magnetita, apatito y, en menor grado, esfena.

La segunda etapa se desarrolló en condiciones de mar somero y subaéreas, con formación de sedimentos molásicos. Los productos volcánicos presentan composición media a ácida, con un carácter alcalino más acentuado que en la etapa precedente. Las rocas medias (andesitobasaltos, traquiandesito-basaltos, andesitas, traquiandesitas y traquitas) se caracterizan por la presencia de fenocristales de plagioclasa media, clinopiroxeno y anfíboles. Además, en las variedades subalcalinas aparece feldespato potásico. Las rocas ácidas (dacitas, riocacitas y, en menor medida, riolitas) presentan fenocristales de cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, y biotita. Los minerales accesorios que se observan en esta etapa son magnetita y apatito, en cantidades muy pequeñas.

La composición química de las rocas volcánicas indica su clasificación como pertenecientes a arcos volcánicos. Además, puede plantearse la división de la actividad volcánica en las dos fases siguientes: (a) primera fase, de carácter toleítico inicial con transición gradual a calcoalcalina; (b) segunda fase, de carácter alcalino, predominantemente potásico.

REFERENCIAS

- BELONIN, M. D., GOLUBEVA, V. A., y SKUBLOB, G. T. (1982): *Análisis factorial en geología* [en ruso]. Editorial Nedra, Moscú, 269 pp.
- BIKEMMAJER, K., NAREBSKI, W., SKUPINSKI, A., y BAKUN-CZUBAROW, N. (1981): Geochemistry and origin of the Tertiary island-arc calcoalkaline volcanic suite at Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Stud. Geol. Polonaise*, 72(2):7-55.
- BOGATIKOV, O. A., GONSHAKOVA, B. I., EFREMOVA, C. B., et al. (1981): *Clasificación y nomenclatura de las rocas magmáticas* [en ruso]. Editorial Nedra, Moscú, 160 pp.
- COLMAN, S. M. (1982): Chemical weathering of basalts and andesites: Evidence from weathering rinds. *U.S.A. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1246:1-51.
- IRVINE, T. N., y BARAGAR, W. R. A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian J. Earth Sci.*, 8: 523-548.
- MAC DONALD, G. A., y KATSURA, T. (1964): Chemical composition of Hawaiian lavas. *J. Petrol.*, 5:82-133.

MIYASHIRO, A. (1974): Volcanic rocks series in islands arcs and active continental margins. *Amer. J. Sci.*, 274:321-355.

TCHOUNEV, D., ECHEVARRÍA, B., y TALAVERA CORONEL, F. (1986): Sobre la presencia de lavas toleíticas en la región Guáimaro-Las Tunas (Cuba). *Cien. Tierra Espacio*, 11:3-14.

TIJOMIROV, I. N. (1967): Formaciones magmáticas de Cuba y algunas particularidades de su metalogenia. *Rev. Tecnol.*, 5(4):13-22.

GENERAL CHARACTERISTICS OF VULCANISM IN THE REGION CIEGO DE ÁVILA - CAMAGÜEY - LAS TUNAS (CUBA)

ABSTRACT

The volcanic activity in the region studied represents the evolution of a volcanic arc from deep sea conditions up to subaerial ones. The composition of the volcanic products indicates the presence of two phases: (a) the first one with initial tholeitic character and gradual transition into the calcoalkaline series, and (b) the second one with an alkaline character.