

# EL VOLCANISMO PALEOGENICO CUBANO. APUNTES PARA UN NUEVO ENFOQUE

Lic. Jorge L. Cobiella Reguera, CDr.\*

## RESUMEN

*El volcanismo paleogénico de Cuba es un fenómeno cuya importancia ha sido subestimada. No obstante, es un eslabón esencial para comprender su tectónica y geología histórica. En el artículo se discuten algunos aspectos del volcanismo paleogénico. Este fenómeno está limitado al intervalo entre el Daniano y el Eoceno Medio (zonas P 10-11) con una débil actividad residual en el Eoceno Tardío. El volcanismo paleogénico y el cretácico están separados por hiatus.*

*La composición petrográfica fluctúa entre riolítica y basáltica, con un predominio de las andesitas. Las rocas efusivas pertenecen a las series toleítica y calcoacalina. Las erupciones fueron del tipo central, submarinas; ocasionalmente pudieron ser fisurales. Raramente ocurrieron erupciones subaéreas, cuyos piroclastos se dispersaron hasta cientos de kilómetros de los focos.*

*Un modelo tectónico de Cuba y sus alrededores durante el volcanismo paleogénico incluye las siguientes estructuras de sur a norte: (1) arco volcánico Turquino, (2) cuenca marginal, (3) arco remanente, (4) depresión septentrional cubana.*

\* Dpto. de Geología, Centro Universitario de Pinar del Río

El volcanismo paleogénico es el último gran evento magmático de las Grandes Antillas. El mayor volumen de volcánicas del Paleoceno-Eoceno se registra en Cuba oriental, pero también hay intercalaciones de piroclásticas en Cuba central y occidental.

Durante los últimos 20 años se han desarrollado modelos tectónicos que vinculan el desarrollo de los arcos volcánicos con las zonas de subducción, prismas acrecionales y cuencas marginales [1]. Sobre esto, así como ciertos aspectos tales como los límites estratigráficos, la composición y condiciones de acumulación de las volcánicas cubanas tratarán las líneas a continuación.

## DESARROLLO

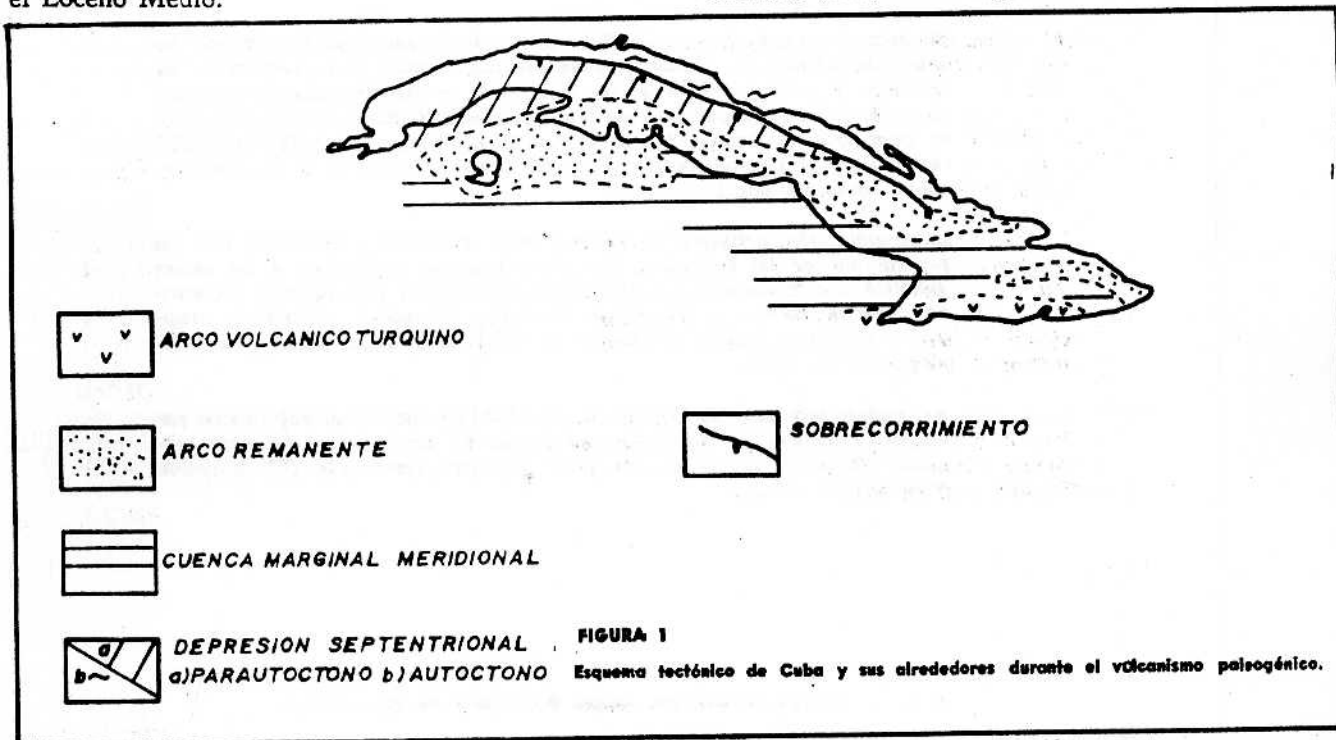
El volcanismo paleogénico de Cuba se estructuró en un sistema formado por: (a) un arco volcánico en el sur, al cual proponemos denominar Turquino, (b) una cuenca marginal o interarco inmediatamente al norte, en la que sólo la porción occidental de la cuenca de Yucatán alcanzó el estadio de formación de corteza oceánica. La tercera gran estructura es (c) el arco remanente constituido por gran parte del territorio cubano al norte de las depresiones paleoceno-eocénicas. La estructura más norteña la formaba una extensa cuenca extendida entre el arco remanente y la plataforma de Bahamas. A dicha unidad proponemos llamarla Depresión Septentrional Cubana. En la figura 1 aparecen estas estructuras en el Eoceno Medio.

## Edad del volcanismo

Es conveniente definirla para las distintas estructuras. Las rocas del arco Turquino comprenden gran parte de la Sierra Maestra, donde están representadas por los efusivos y piroclásticos con esporádicas intercalaciones sedimentarias de la Fm. El Cobre. Las capas basales de esta secuencia sólo afloran en la pendiente meridional del Pico Turquino y algo más hacia el este, donde yacen discordantes sobre capas volcánicas-sedimentarias del Cretácico, como se puede estudiar en el río La Mula (Turquino), cerca de Ocuja. En los horizontes más bajos del corte del arco volcánico se ha hallado la siguiente asociación de fósiles: *Globorotalia pseudobulloides*, *G. cf. G. compressa*, *Globigerina trinidadensis*, lo cual testifica su edad Paleoceno Inferior, piso Daniano (Datos proporcionados por E. Linares).

Las capas más elevadas de la Fm. El Cobre contienen *Globorotalia bullbrookii*, *G. aragonensis*, *Truncorotaloides topilensis* y *Globigerapsis* sp. Conjuntamente con estas formas planctónicas aparecen *Eoconuloides wellsi*, *Amphistegina cubensis* y *Pseudophragmina (Proporocyclina) havanensis* [2], lo que permite situar estos estratos en la base del Eoceno Medio.

Un punto importante para precisar la edad de las capas terminales de la Fm. El Cobre es el hecho de que la Fm. Puerto Boniato, que la sobreyace concordantemente a lo largo de casi todo el piamonte norte de la Sierra Maestra, no contiene en sus capas basales formas tales como *Globorotalia lehneri* y *G. centralis* (tampoco se registran en la Fm. El Cobre),



que sí aparecen algo más arriba en la propia formación. Por tanto, el techo de la Fm. El Cobre debe pertenecer a la parte baja de la zona *Globigerapsis kugleri* (P11) o a la parte alta de la zona P10.

La porción oriental de la cuenca marginal asociada al arco volcánico Turquino comprende la cuenca San Luis-Guantánamo (Fig. 4). En su mitad sur, el relleno de la cuenca lo componen las piroclastitas y sedimentitas de la Fm. El Cobre que hacia el norte transicionan lateralmente a la Fm. Sabaneta [3]. En el piamonte meridional de la Sierra Cristal las capas basales de piroclastitas de la Fm. Sabaneta descansan concordantemente sobre la Fm. Gran Tierra con un contacto transicional. En los estratos más jóvenes de la última se intercalan algunas piroclastitas, junto con capas fosilíferas que contienen *Globorotalia* cf. *G. imitata*, *G. pseudobulloides*, *G. cf. G. quadrata* y *Globigerina trinidadensis*, conjunto característico del piso Daniano.

El techo de la Fm. Sabaneta contiene las últimas capas depositadas en la cuenca marginal activa. Estas poseen una asociación representada principalmente por formas bentónicas, redepositadas a partir de sedimentos más someros de igual edad. Entre ellas se reportan: *Discocyclina marginata*, *Asterocyclina monticellensis*, *Eoconuloides wellsi* y *Proporocyclina* sp. La Fm. Sabaneta es también cubierta concordantemente por la Fm. Puerto Boniato y su techo parece estar comprendido en la parte baja de la zona *Globigerapsis kugleri*, o en la parte alta de la zona de *Hantkenina aragonensis*.

La cuenca Bahía de Nipe-Baracoa representa una ramificación al noroeste de la cuenca Guacanayabo-Cauto. En ella está también presente la Fm. Sabaneta, pero su rango estratigráfico se restringe sólo al Paleoceno [4]. En las capas basales de la Fm. Mucaral, que la sobreyace con discordancia, hay algunos horizontes tobáceos de edad Eoceno Inferior (alto) a Eoceno Medio (bajo). En la porción occidental de la depresión, las volcanitas aparecen con intercalaciones en las formaciones Haticos [2, 5] y Vigía. La primera es del Paleoceno, posiblemente sólo del Paleoceno Superior, como lo sugieren los

escasos hallazgos de *Globorotalia pseudomenardii* y *G. velascoensis* reportados en ella [2 y datos suministrados por Evelio Linares].

La Fm. Vigía contiene un complejo de fósiles que, de acuerdo con los datos de E. Nagy y otros [2] y los investigadores del ISMM de Moa, señala que el techo de esta unidad pudiera extenderse incluso a la zona de *Orbulinoides beckmanni*, de la parte alta del Eoceno Medio.

Fuera de las provincias orientales, los rebortes de volcanitas paleogénicas son muy esporádicos y están limitados sólo a piroclastitas o tufitas (Fig. 2).

En la Fm. Vertientes del Eoceno Medio [6] en el sur de Camagüey, se conocen algunas intercalaciones de piroclastitas (F. Quintas, com. oral). Dicha unidad está compuesta mayormente por calizas. En el pozo Tortuga Shoals, situado en la plataforma insular al sur de Ciego de Avila, también se reportan piroclastitas paleogénicas [7]. Se han encontrado intercalaciones tobáceas en las capas del Paleoceno-Eoceno Medio en la cuenca de Sancti-Spíritus [8], y en las formaciones Falcón y Cocos del Paleoceno Superior de la cuenca de Cienfuegos [9]. Más al occidente han sido halladas capas de tufitas en la Fm. Universidad [10]. Esta última unidad se extiende desde el Eoceno Inferior (parte alta) al Eoceno Medio (parte alta de la zona *Globigerapsis kugleri* o baja de la zona *Globorotalia lehneri*) [11] y se depositó en la depresión septentrional cubana.

Un hallazgo muy interesante es el de las intercalaciones de tufitas en la Fm. Lesca del norte de Camagüey, acumulada en la Depresión Septentrional Cubana [6]. Según Pszczolkowski y Flores [11] la Fm. Lesca se depositó hasta la parte alta de la zona *Globigerapsis kugleri* del Eoceno Medio.

El autor sólo conoce de una unidad más joven que el Eoceno Medio en la que se hayan reportado materiales volcánicos. Es esta la Fm. Barrancas, donde Nagy y otros [2] y Jakus [5] señalan piroclastitas como parte de las litologías que componen dicha secuencia. Entre los taxones que estos geólogos registran se encuentra *Globorotalia cerroazulensis*, forma índice del Eoceno Superior. La Fm. Barrancas posee una distribución geográfica limitada a algunas localidades al sur de Bayamo.

Los diferentes aspectos tratados sobre los límites estratigráficos del volcanismo paleogénico pueden resumirse en las siguientes conclusiones básicas:

1. El ciclo volcánico paleogénico se inició en el Daniano. Aunque no es posible precisar aún en qué zona del Daniano se depositaron las primeras volcanitas, la existencia de varios cientos de metros de capas, también danianas, de las formaciones Gran Tierra y Micara [3], por debajo de los primeros horizontes tobáceos, sugiere que el volcanismo debió comenzar bien entrado el Daniano.

2. No existió un ciclo volcánico Cretácico Tardío-Eoceno Medio como han planteado Nagy y otros [2]

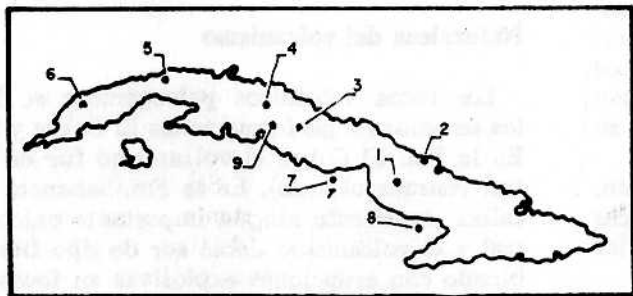


FIG. 2

Reportes de intercalaciones de piroclastitas (incluyendo tufitas) en cortes del Paleoceno-Eoceno Medio al oeste de las provincias orientales. (1) Fm. Vertientes, (2) Fm. Lesca, (3) Fm. Bijabo (Tuinlocú), (4) Fm. Falcón, (5) Fm. Universidad, (6) Fm. Manacas, (7) Pozo Tortuga Shoals, (8) Pozo Rabihercado, (9) Fm. Cocos.



y Jakus [5], sino dos, separados por un intervalo sin volcanismo que comprendió el Cretácico terminal y los inicios del Paleoceno.

3. En esencia, la actividad del arco volcánico Turquino concluyó durante el Eoceno Medio, en la parte baja de la zona *Globigerapsis kugleri*, parte alta de la zona *Hantkenina aragonensis*. La Fm. Barrancas debe contener los restos de un débil volcanismo residual desarrollado a fines del Eoceno, en un cinturón situado entre las cercanías de La Maya y el piamonte noroccidental de la Sierra Maestra, área en la que se registran algunos intrusivos cortando a las capas de las formaciones Camarones [12], Farallón Grande [2] y San Luis.

Debe investigarse en un futuro la edad de las piroclastitas más jóvenes registradas en la Fm. Vigía de Holguín.

4. La distribución cronológica de las intercalaciones de piroclastitas paleogénicas entre Camagüey y La Habana coincide estrechamente con la duración del volcanismo paleogénico en Cuba oriental, por lo que resulta evidente que las citadas intercalaciones están vinculadas a la actividad del arco Turquino, que, más al oeste de la Sierra Maestra, continuaba en la cresta de Caimán [13].

### Composición de las volcanitas

Al respecto no hay un criterio unánime. En general se acepta que las andesitas son el principal efusivo de la Fm. El Cobre, pero mientras unos atribuyen a los basaltos un importante papel [12,14], otros no los mencionan entre las litologías de dicha unidad [2]. En la Fm. El Cobre se reportan también dacitas (abundantes) y riolitas. Con respecto a las piroclastitas existe la misma divergencia de opiniones.

La Fm. Sabaneta se distingue de la Fm. El Cobre por los procesos de zeolitización y montmorillonitización regionales de las tobas con vidrio volcánico. Según Nagy y otros [2] las tobas son ácidas, raramente andesíticas. Lewis y Straczek [12] las consideran basálticas y andesíticas, y Orozco y Hernández [15] le atribuyen composición media. Los efusivos y cuerpos subvolcánicos de Sabaneta son mucho más escasos que en la Fm. El Cobre, y su composición va de dacítica a basáltica.

Las tobas de la Fm. Vigía, en el NW de Holguín, han sido clasificadas como dacíticas y riodacíticas [5], pero ellas son megascópicamente idénticas a las de la Fm. Sabaneta.

De ser correctos los criterios de Nagy y otros [2] y P. Jakus [5], debe existir una zonación en la composición de las volcanitas que se harían más ácidas hacia el norte. De acuerdo con otros datos tal zonación no se manifiesta.

Los efusivos de la Fm. El Cobre pertenecen a las

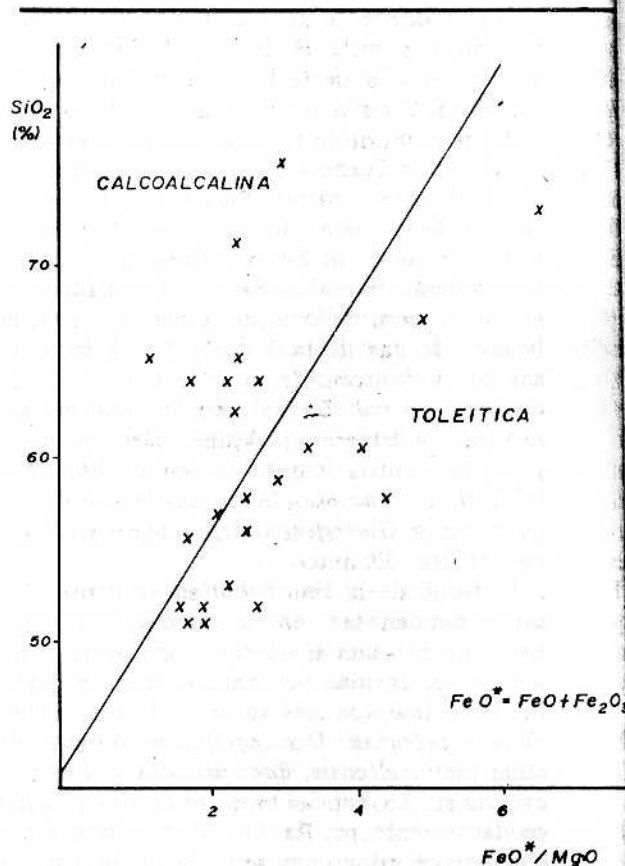


FIG. 3

Clasificación de los efusivos de la Fm. El Cobre de acuerdo a la relación  $SiO_2-FeO^*/MgO$

series calcoalcalinas y toleítica, predominando absolutamente la segunda cuando  $SiO_2 < 60\%$  (Fig. 3). No hay evidencia alguna de rocas alcalinas en corte del arco.

El autor carece de información sobre la composición de las volcanitas de Camagüey, Cuba central y occidental, pero tales rocas son siempre piroclastitas y, megascópicamente, las de Camagüey (M. Iturralde, com. escrita) y Sancti-Spiritus se asemejan mucho a las de la Fm. Sabaneta.

### Naturaleza del volcanismo

Los focos volcánicos paleogénicos se limitan a los terrenos de las formaciones El Cobre y Sabaneta. En la Fm. El Cobre el volcanismo fue de tipo central (estratovolcanes). En la Fm. Sabaneta no se localiza claramente ningún importante paleofoco central y el volcanismo debió ser de tipo fisural, combinado con erupciones explosivas en focos de corta duración (conos piroclásticos).

Aunque en las formaciones El Cobre y Sabaneta abundan las piroclastitas redepositadas. La redposición parece haber sido estrictamente submarina, al igual que la propia actividad volcánica que generó ambas unidades. Sin embargo, la presencia

de material piroclástico fino en zonas al norte del arco remanente como el norte de Camagüey (Fm. Lesca) [6] y la Fm. Universidad en las provincias habaneras [10], indica que necesariamente en algunos puntos debieron existir volcanes subaéreos, al menos durante cortos periodos.

### Modelo tectónico

La distribución témporo-espacial de las volcanitas paleogénicas cubanas indica que todas ellas están vinculadas a un mismo episodio geológico. Puesto que el volcanismo paleogénico encuentra su máxima y más clara expresión en las provincias orientales, todo modelo tectónico del fenómeno debe basarse; en primera instancia, en las estructuras regionales de dicha área.

En Cuba oriental se manifiesta una notable zonación en los espesores y productos del volcanismo paleogénico [16]. Esto permite proponer el modelo paleotectónico:

- a) Arco volcánico Turquino
- b) Cuenca marginal
- c) Arco remanente.

El arco volcánico se extendió por el sur de la actual Sierra Maestra, y se manifiesta por una estrecha faja con abundantes piroclastitas gruesas y efusivos de la Fm. El Cobre, que abarca desde la costa del Caribe hasta los 20° 10' N. A lo largo de este cinturón, de unos 20 km de ancho, hay gran cantidad de intrusiones [17].

La cuenca marginal abarcó desde el flanco sep-

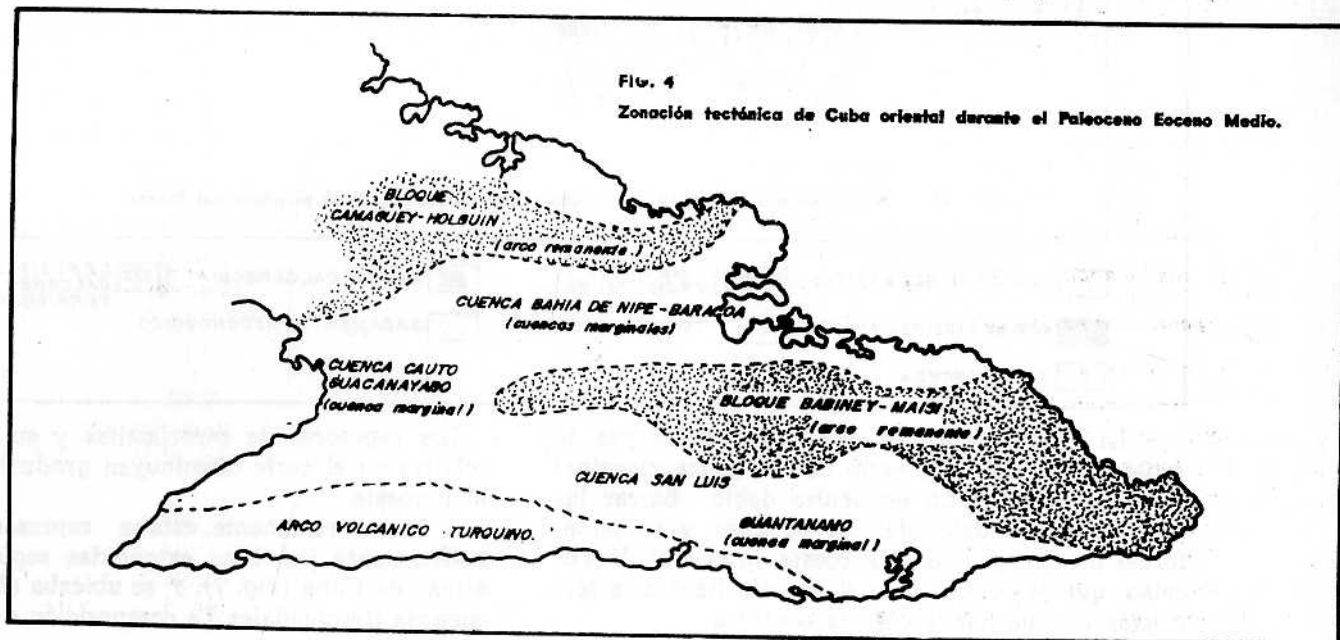
tentrional de la Sierra Maestra hasta el piamonte de las montañas del NE de Oriente y las alturas de Maniabón. La cuenca está rellena principalmente por piroclastitas provenientes del arco volcánico Turquino, y en menor medida, de erupciones dentro de la propia cuenca. Además, contribuyeron a su relleno turbiditas terrígenas o calcáreas provenientes del arco remanente. Esta cuenca marginal no debió desarrollar una corteza oceánica, y posiblemente estaba limitada al norte y sur por zonas de fallas normales (Fig. 5).

El arco remanente se dividía en dos partes separadas por la cuenca Bahía de Nipe-Baracoa, que era una prolongación al E-NE de la cuenca marginal. El arco remanente suministró sedimentos terrígenos y calcáreos a la cuenca marginal. En sus flancos se desarrollaron algunos bancos carbonatados.

Esta zonación tectónica se extendió desde el Daniano o Paleoceno Tardío al Eoceno Medio (zonas P10-11 de foraminíferos plactónicos), es decir duró entre aproximadamente 12 y 17 MA. Sin embargo, la Fm. Barrancas contiene piroclastitas y se extiende hasta el Eoceno Superior. Dicha unidad y los intrusivos del Eoceno Superior al norte de la Sierra Maestra testimonian una débil fase de volcanismo residual en la articulación arco volcánico-cuenca marginal.

El modelo anterior puede extenderse al resto de Cuba y áreas adyacentes (Fig. 6), agregándole la depresión septentrional cubana, estructura que está muy mal representada en Cuba Oriental.

— El arco volcánico Turquino continúa al oeste ocupando parte de lo que hoy son la cresta de Caimán y la meseta de Nicaragua, que, previo a la apertura de la fosa de Bartlett, constituían una sola gran unidad tectónica [13].



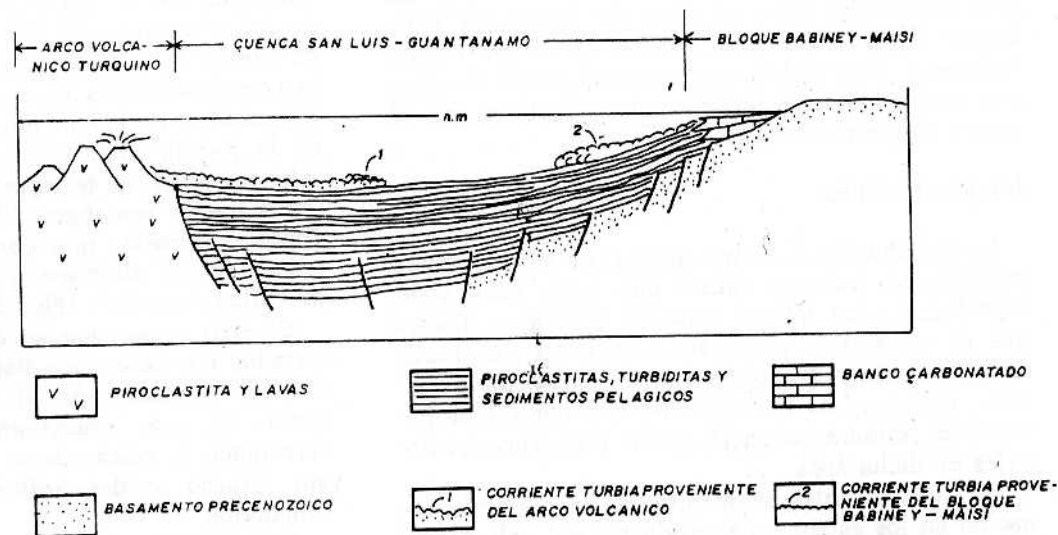
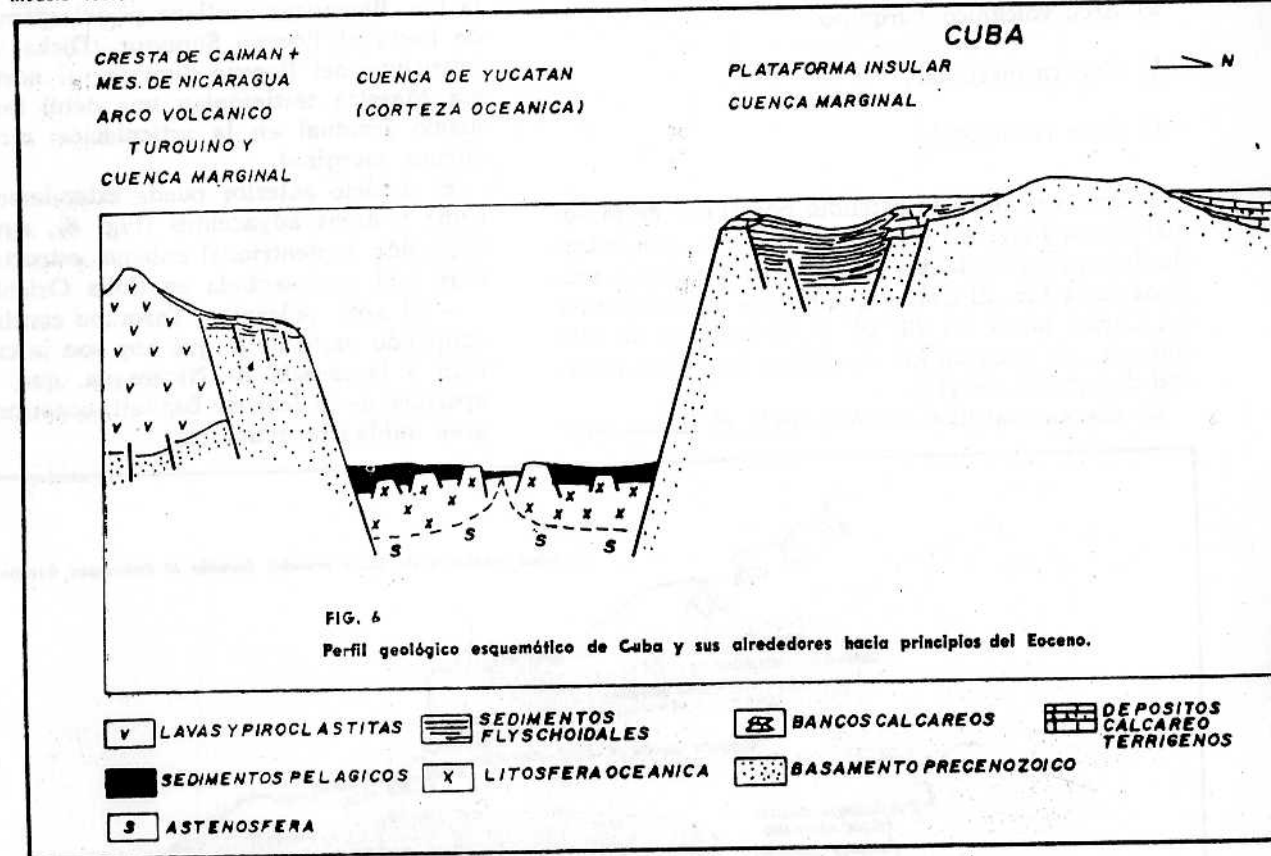


FIG. 5  
Modelo tectónico-sedimentario de la cuenca marginal (San Luis-Guantánamo) entre el Arco Turquino y el Bloque Babiney-Maisi (Arco Remanente).



- La cuenca marginal está representada por la prolongación hacia el oeste de la cuenca marginal de Cuba oriental. La estructura debió abarcar las cuencas flyschoidales del sur de Cuba y su plataforma insular, y, más al suroeste, la cuenca de Yucatán, que es donde único el proceso llevó a la formación de una nueva corteza oceánica.

Los espesores de piroclastitas y su importancia relativa en el corte disminuyen gradualmente hacia el noroeste.

- El arco remanente, estaba representado gráficamente por islas extendidas según el rumbo actual de Cuba (Fig. 7), y se ubicaba al norte de las cuencas flyschoidales. La composición del arco de

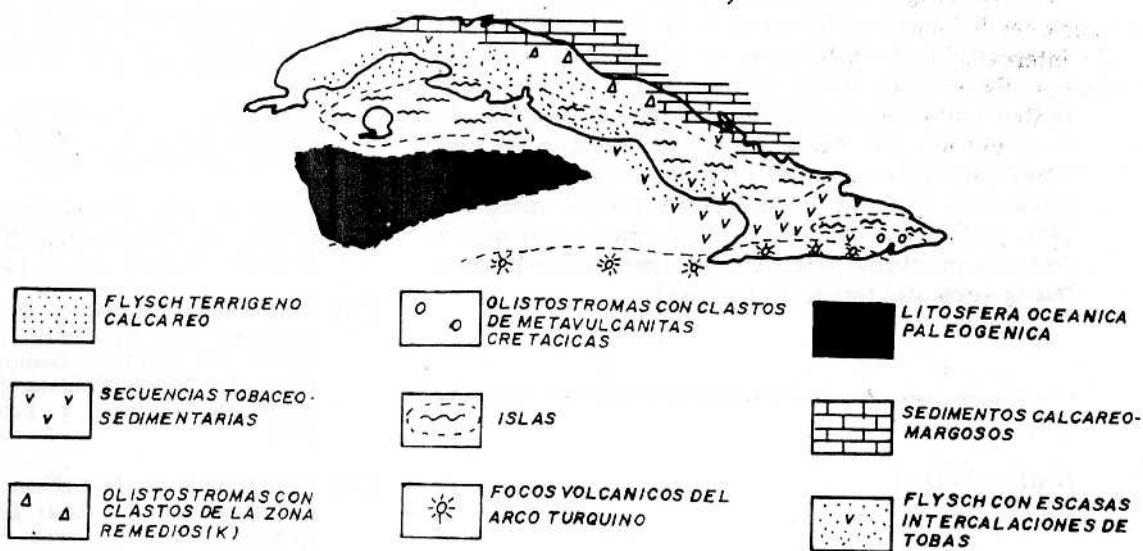


FIG. 7

Esquema paleogeográfico generalizado para el Eoceno Inicial.

ser heterogénea, aunque la información que suministran los sedimentos del Paleoceno-Eoceno Medio, muestra que, al menos en superficie, gran parte de sus rocas eran volcánicas cretácicas. La solución del problema espera por investigaciones más detalladas sobre la composición mineralógica y dirección de transporte de los sedimentos.

La depresión septentrional cubana (DSC) comprendía el área entre el arco remanente y la plataforma de Bahamas. La cuenca recibía sedimentos terrígenos del arco remanente, gran parte de los cuales se acumulaba como secuencias flyschoidales. Simultáneamente se depositaban sedimentos margosos y calcáreos, cuya importancia en el corte aumentaba hacia el norte [18, 19, 20]. La llegada de polvo volcánico ocurría muy raramente, de ahí la extrema escasez de piroclastitas en el corte.

La DSC es una estructura muy curiosa, ya que, en su porción meridional, la acumulación de sedimentos pudo estar acompañada de movimientos tangenciales (sobrecorrimientos) que empujaban el corte paleogénico flyschoidal, junto con parte de su substrato precenozoico, hacia el norte, provocando el gradual recubrimiento tectónico de los cortes septentrionales de la cuenca (autóctono) durante el Paleoceno y principios del Eoceno (Fig. 1). Este tipo de cuenca, que se desliza horizontalmente a la vez que en ella continúa la sedimentación, ha sido denominada «Piggyback-Basin» en la literatura en lengua inglesa (cuenca «A cuestas» en español) [21].

La cuenca «A cuestas» de la DSC forma parte de un movimiento tectónico más amplio ocurrido en Cuba septentrional, el cual se desarrolló en gran medida simultáneo con la actividad volcánica más al sur. Por otra parte, el fin del arco volcánico y el cese de los sobrecorrimientos en el norte de Cuba

antecedieron a los grandes movimientos transcurrentes, como se refleja claramente en los casos de las fallas Oriente [17] y Pinar. Esta zonalidad tectónica y el cambio en el tiempo y espacio del régimen de esfuerzos, deben ser explicados por las hipótesis geotectónicas y modelos geodinámicos que pretendan aplicarse al Caribe Septentrional.

En el esquema propuesto faltan dos componentes habituales de los modelos de arcos volcánicos: (1) El prisma acrecional, (2) la fosa oceánica, que debieron ubicarse al sur del arco Turquino y de los que no hay claras evidencias. Sin embargo, el prisma acrecional no está necesariamente presente en todo proceso de subducción. Ejemplo de ello es la Fosa Centroamericana al oeste de Guatemala [22]. Por tanto, la ausencia de este elemento no implica un obstáculo insuperable para el modelo.

Con respecto a la fosa oceánica, sus sedimentos debieron incorporarse progresivamente al prisma (si este llegó a formarse) durante la subducción. Caso de no haberse originado el prisma acrecional, los sedimentos de la fosa debieron ser «tragados» sin dejar prácticamente huellas. De acuerdo con el mapa de Case y Holcombe [23], un área perspectiva para la búsqueda del prisma lo constituye la porción septentrional de la meseta de Nicaragua.

## CONCLUSIONES

El volcanismo paleogénico es un evento trascendental en el contexto de la geología de Cuba. Al mismo se asocian importantes yacimientos magmáticos, hidrotermales, volcanógeno-sedimentarios, y aun sedimentarios cuyas perspectivas de localización aumentan al crecer nuestro conocimiento de las condiciones tectónicas, ambiente geológico y



edad en que se originaron. Por ejemplo, las capas de las formaciones Sabaneta y Vigía contienen gran cantidad de intercalaciones de tobos con propiedades puzolánicas. Estos estratos son frecuentemente ricos en minerales zeolíticos, formados a partir de la alteración del vidrio volcánico. Aunque en menores cantidades, iguales litologías aparecen en los cortes más al oeste en la propia cuenca marginal [24], por lo que la búsqueda de estos importantes recursos en rocas paleogénicas puede extenderse a buena parte del territorio nacional.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] CAREY, S. y H. SIGURDSSON. *A Model of volcanogenic sedimentation in marginal basins*. En el libro: *Marginal Basin Geology* (editores B. Kokelaar y M. Howells), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 37-58.
- [2] NAGY, E., K. BREZSNYANSKY, A. BRITO, D. COUTIN, F. FORMELL, G. FRANCO, P. GYARMATI, P. JAKUS, GY. RADOCZ. *Texto explicativo del Mapa geológico de la provincia de Oriente a escala 1:250 000*. Informe inédito. Instituto de Geología y Paleontología, 1976.
- [3] ITURRALDE-VINENT, M. *Estratigrafía del área Calabazas Achatal*. La Minería en Cuba, Vol. 2, No. 4, pp. 10-23. Vol. 3, No. 1, pp. 33-40, 1976-77.
- [4] COBIELLA, J. *La Formación El Cobre*. La Minería en Cuba, Vol. 5, No. 3, pp. 17-22, 1979.
- [5] JAKUS, P. *Formaciones vulcanógeno-sedimentarias y sedimentarias de Cuba oriental*. En el libro: *Contribución a la Geología de Cuba Oriental*. Editorial Científico-Técnica, C. Habana, 1983.
- [6] ITURRALDE-VINENT, M., E. TCHOUNEV y R. CABRERA (REDACTORES). *Geología del Territorio Ciego-Camagüey-Tunas*. Informe inédito. Instituto de Geología y Paleontología, 1981.
- [7] FURRAZOLA-BERMÚDEZ, G., C. JUDOLEY, M. MIJAILOVSKAYA, Y. MIROLIUDOV, A. NÚÑEZ-JIMÉNEZ y J. SOLSONA. *Geología de Cuba*. Editora Nacional de Cuba, La Habana, 1964.
- [8] SOMIN, M. y G. MILLÁN. *Los complejos metamórficos de Cuba* (en ruso). Ed. Nauka, Moscú, 1981.
- [9] DILLÁ, M. y L. GARCÍA. *Estratigrafía y sedimentogénesis de los depósitos de las cuencas superpuestas de Las Villas*. Serie Geológica, No. 3, 1984.
- [10] ALBEAR, J. F. y M. ITURRALDE-VINENT. *Estratigrafía de las provincias de La Habana*. En el libro: *Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana*. Editorial Científico-Técnica, C. Habana, pp. 12-54, 1985.
- [11] PSZCZOLKOWSKI, A. y R. FLORES. *Fases tectónica del Cretácico y Paleógeno en Cuba occidental y central*. Bulletin of the Polish Academy of Sciences Earth Sciences, Vol. 34, No. 1, pp. 95-111, 1986.
- [12] LEWIS, G. y J. STRACZEK. *Geology of South Central Oriente, Cuba*. U.S. Geological Survey Bulletin 975 D, pp. 171-336, 1955.
- [13] PERFIT, M. y B. HEEZEN. *The geology and evolution of Cayman Trench*. Geological Society of America Bulletin, Vol. 89, No. 8, pp. 1155-1174, 1978.
- [14] SOKOLOVA, E., A. BRITO, D. COUTIN. *La formación manganesífera El Cobre (provincia de Oriente Cuba)*. En el libro: *Geología de los yacimientos minerales útiles*. Publicación especial No. 3. Instituto de Geología y Paleontología, pp. 92-124, 1974.
- [15] OROZCO, G. y M. HERNÁNDEZ. *Estudio mineralógico y petrográfico de rocas presentes en las formaciones Cobre y Sabaneta: Flanco Sur de la Sierra Cristal*. La Minería en Cuba, Vol. 5, No. 1, pp. 45-54, 1979.
- [16] COBIELLA, J., J. RODRÍGUEZ, M. CAMPOS. *Posición de Cuba oriental en la Geología del Caribe*. Minería y Geología, No. 2, pp. 65-92, 1984.
- [17] COBIELLA, J. y J. RODRÍGUEZ. *Sobre la edad de la fosa de Bartlett (Caimán) y la magnitud de los desplazamientos horizontales de la placa del Caribe, de acuerdo con los datos geológicos del norte de Centroamérica y Cuba oriental*. Minería y Geología, No. 1, pp. 15-30, 1986.
- [18] BREZSNYANSKY, K. y M. ITURRALDE-VINENT. *Paleogeografía del Paleógeno de las provincias de La Habana*. En el libro: *Contribución a la geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana*. Editora Científico-Técnica, Ciudad de La Habana, pp. 100-115, 1985.
- [19] HATTEN, CH, O. SCHOOLER, N. GIEDT y A. MEYERHOFF. *Geology of Central Cuba, Eastern Las Villas and Western Camagüey Provinces, Cuba*. Inédito. Fondo Geológico, 1958.
- [20] PARDO, G. *GEOLOGY OF CUBA*. En el libro: *The Ocean Basins and Margins, Vol. 3. The Gulf of México and the Caribbean*. Plenum Publications Corporation, pp. 553-615, 1975.
- [21] ORI, G. y FRIEND, P. *Sedimentary basins formed and carried piggyback on active thrust sheets*. Geology, Vol. 12, No. 8, pp. 475-478, 1984.
- [22] AUOBIN, J., J. BURGOIS y J. AZEMA. *Nuevo tipo de márgenes activos. Márgenes convergentes con tracción en el ejemplo de la Fosa Centroamericana, frente a las costas de Guatemala*. (en ruso). Sección C.07, Tectónica. 27<sup>mo</sup> Congreso Geológico Internacional. Ed. Nauka, pp. 20-28, 1984.
- [23] CASE, J. y T. HOLCOMBE. *Geologic-Tectonic Map of the Caribbean Region. Escala 1:2 500 000*. United States Geological Survey, 1980.
- [24] BRITO, A. *Ubicación geólogo-estructural de las rocas zeolíticas de Cuba*. Boletín Sociedad Cubana de Geología, Vol. 3, No. 2, pp. 44-55, 1986.