

La estratigrafía de la Sierra de Neiba (República Dominicana)

P.P. Hernaiz Huerta⁽¹⁾, J.A. Díaz de Neira⁽²⁾, J. García-Senz⁽³⁾, I. Deschamps⁽⁴⁾, E. Lopera⁽⁵⁾,
J. Escuder Viruete⁽⁵⁾, Ll. Ardévol Oro⁽⁶⁾, L. Granados⁽⁷⁾, J.P. Calvo⁽⁵⁾ y A. Pérez-Estaún⁽⁸⁾

(1) INYPSA Informes y Proyectos S.A. General Díaz Porlier 49, 28001 Madrid, España.

E-mail: phh@inypsa.es

(2) GEOPRIN. Avda. de Burgos 12, planta 18, 28036 Madrid.

E-mail: adiaz@geoprin.es

(3) Dep. de Geodinàmica i Geofísica, Fac. de Geologia, Univ. de Barcelona. Martí y Franquès s/n, 08028, Barcelona, España.

E-mail: jmgarciasenz@ub.edu

(4) Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). Av Claude Guillemin BP 6009, 45060 Orléans, Cedex 2- Francia.

E-mail: i.deschamps@brgm.fr

(5) Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España.

E-mail: e.lopera@igme.es; j.escuder@igme.es; jose.calvo@igme.es

(6) Geoplay Pyrenees S.L. Nerets 10, 25620 Tremp, España.

E-mail: info@geoplay.org

(7) Avda. de Juan Andrés N° 10-bis, 28035 Madrid, España.

E-mail: lfgranados@mi.madridtel.es

(8) Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera-CSIC. Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona. España.

E-mail: aperez@ija.es

RESUMEN

La reciente cartografía a escala 1:50.000 de los sectores centrales y meridionales, más desconocidos, de la Sierra de Neiba ha permitido establecer con mayor precisión su estratigrafía. Los materiales más antiguos corresponden a la Unidad de El Manguito, del Cretácico Superior. Son calizas y lutitas pizarrosas con intercalaciones de basaltos que afloran como un fragmento o bloque tectónico de interpretación estructural dudosa en el núcleo de un anticlinal. Por su edad, se considera que esta unidad debe constituir el sustrato de las series paleógenas de la Sierra de Neiba; la composición geoquímica de los basaltos (OIB-basaltos alcalinos intraplaca) sugiere su correlación con la meseta oceánica del Caribe. El registro estratigráfico más o menos continuo comienza en el Eoceno Inferior con el desarrollo de una extensa plataforma carbonatada, relativamente uniforme, que fue el medio de depósito de la Fm Neiba (*sensu lato*) y sus equivalentes, hasta el Mioceno Inferior. Durante buena parte del Eoceno, estos depósitos carbonatados coexistieron o fueron sustituidos por materiales volcánicos de signatura toleítica a alcalina (OIT a OIA) que se agrupan bajo la nueva denominación de Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba y se interpretan como generados en un contexto de intraplaca asociados al desarrollo de una pluma mantélica. La sedimentación de la Fm Sombrerito durante el Mioceno muestra los primeros signos de inestabilidad en la región: mientras que en los sectores septentrionales y centrales de la sierra sus facies más típicas se depositan en una cuenca turbidítica, en su extremo suroccidental afloran las calizas arrecifales de su Mb Barahona, propias de ambientes de plataforma somera, que se extienden con gran uniformidad hacia el sur hasta los dominios de la Sierra de Batoruco. La Unidad de Cortadero, de nueva denominación y equivalente en edad a la Fm Sombrerito, con una posición intermedia entre ambos tipos de facies, puede representar el tránsito entre ellas.

Palabras clave: estratigrafía, paleogeografía, República Dominicana, Sierra de Neiba

The stratigraphy of Sierra de Neiba (Dominican Republic)

ABSTRACT

*The recent 1:50.000 scale mapping of the central and southern, most unknown, parts of the Sierra de Neiba, has allowed to establish its stratigraphy with higher precision. The oldest materials belong to the El Manguito Unit, of Upper Cretaceous age. They are limestones and shales with interbedded basalts that outcrop as part of a fragment or tectonic block of unknown structural origin in the core of an anticline. In view of its age, this unit may be considered to be the substratum of the Sierra de Neiba Palaeogene formations. The geochemical signature of the basalts (OIB-alkaline intraplate basalts) suggests their correlation to the Caribbean oceanic plateau. The continuous stratigraphic record starts in the Lower Eocene with the onset of an extensive relatively uniform carbonate platform that was the depositional environment for the Neiba Fm (*sensu lato*) and equivalent units up to the Lower Miocene. During most of the Eocene, these carbonate deposits coexisted with, or were replaced by, volcanic materials of a tholeiitic to alkaline signature (OIT to OIA) grouped under the new denomination of El Aguacate de Neiba Volcanosedimentary Complex, and interpreted to originate in an intraplate context under the effect of a mantle plume. The sedimentation of the Sombrerito Fm during the Miocene reveals the first signs of regional instability: whereas in the northern and central areas of the sierra its most typical facies were deposited in a turbiditic basin, in its southwest margin the*

coral reef limestones of the Barahona Mb represent shallow platform environments that extended farther south to the domains of Sierra de Bahoruco. It is suggested that the Cortadero Unit, with the same age as the Sombrerito Fm and an intermediate position between these two extreme kind of facies, may represent the transition from one to the other.

Key words: Dominican Republic, palaeogeography, Sierra de Neiba, stratigraphy

Introducción

El escaso conocimiento geológico de la Sierra de Neiba contrasta con el de las cuencas contiguas de San Juan, Azua y Enriquillo que por su interés petrolero, han concentrado la mayoría de los estudios. Existe un corte geológico de Bourgois *et al.* (1979) y las cartografías de síntesis de Breuner (1985) y García y Harms (1988), esta última a escala 1:100.000 y cir-

cunscrita a la vertiente septentrional. La reciente cartografía de cuatro hojas a escala 1:50.000, Boca Cachón, 5871-IV; La Descubierta, 5871-I; Galván, 5971-IV y Villarpando, 5971-I (Deschamps, 2004; Díaz de Neira, 2004a; Hernaiz Huerta 2004a, 2004b) ha cubierto los sectores central y meridional de la sierra que permanecían más desconocidos (Figs. 1 y 2).

El presente trabajo describe la nueva sucesión estratigráfica definida para la Sierra de Neiba, que

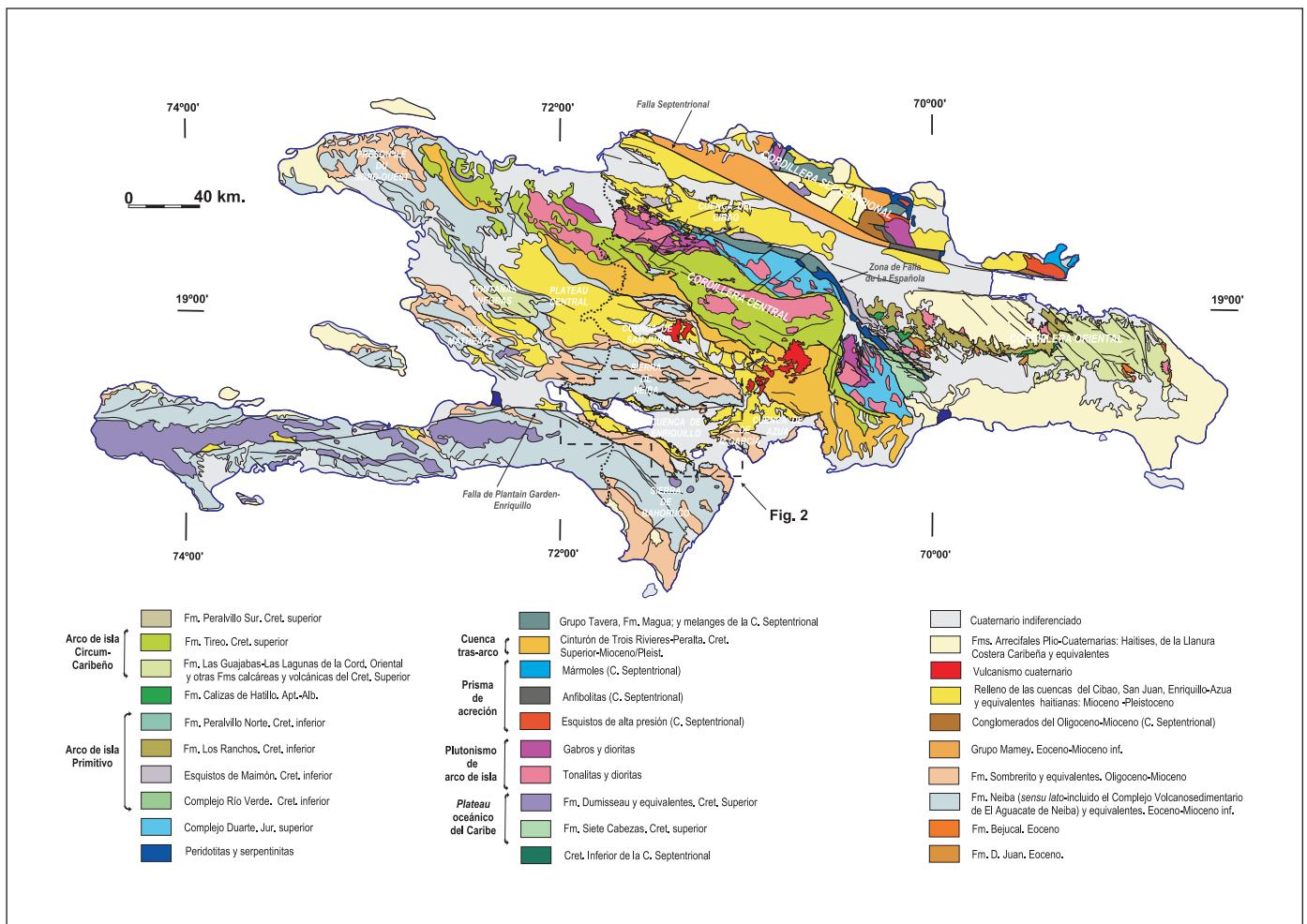


Figura 1. Esquema geológico de la isla de La Española actualizado con las cartografías de los proyectos C, L y K del programa SYSMIN. El recuadro indica la localización de la figura 2

Figure 1. Schematic geological map of the Hispaniola Island updated with the mapping of C, L and K SYSMIN projects. The inset indicates location of figure 2

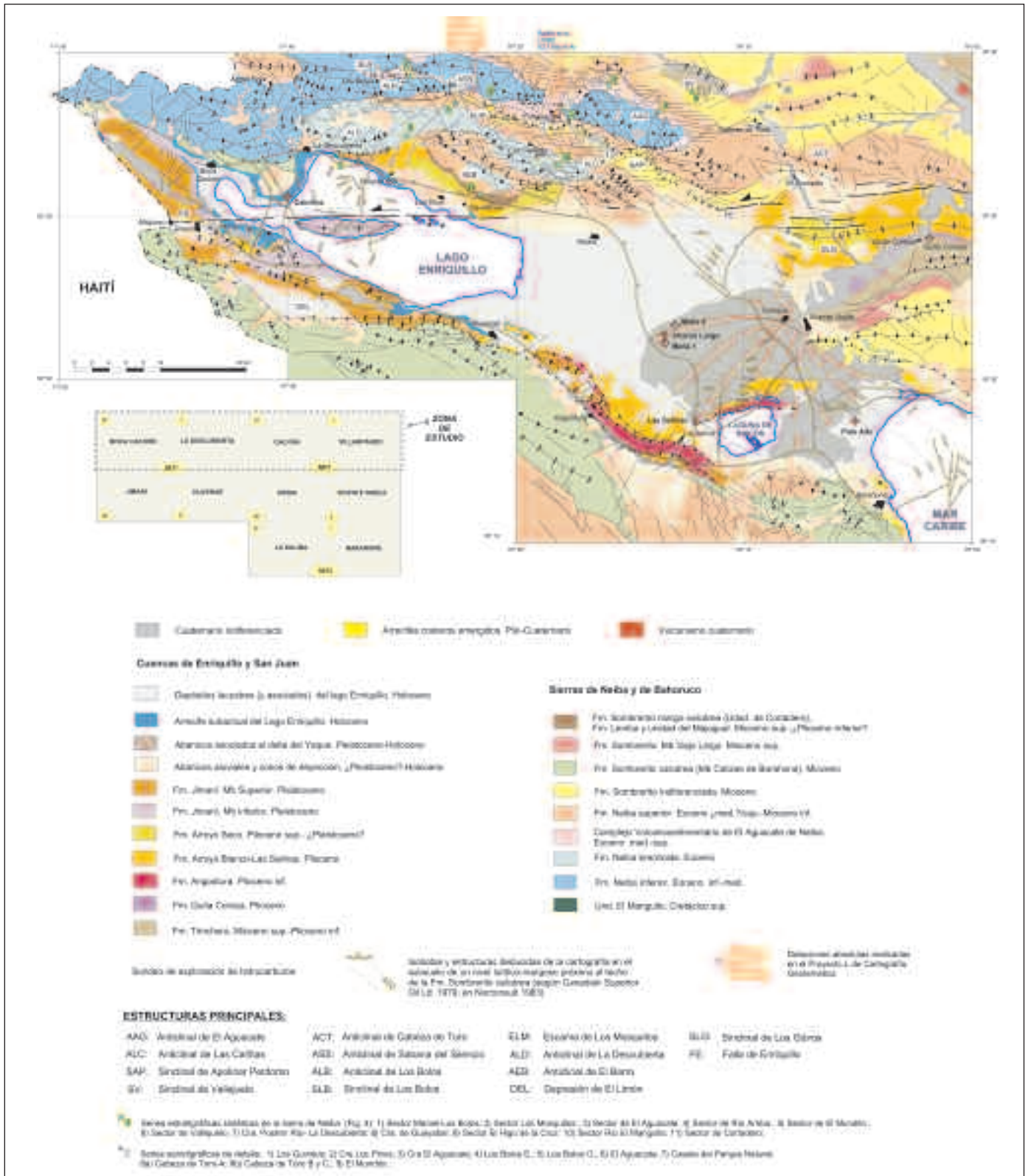


Figura 2. Mapa geológico simplificado de la región SO de la República Dominicana (adaptado de Hernaiz Huerta, 2004 a, b). En el esquema inferior de distribución de hojas 1:50.000 se indica la situación de la zona de estudio
 Figure 2. Simplified geological map of the southwest region of the Dominican Republic (after Hernaiz Huerta, 2004 a, b). In the lower inset with the distribution of the 1:50.000 sheets, the study area is indicated

complementa la revisión de su estructura (Hernández Huerta *et al.*, 2007). La sucesión estratigráfica comprende desde el Cretácico Superior hasta finales del Neógeno, momento en que comienza el desarrollo de las cuencas flexurales adyacentes a la sierra. Como principales novedades se describe el Cretácico Superior, un conjunto volcanosedimentario eoceno, y se precisa la estratigrafía de las Fms. Neiba y Sombrerito. Finalmente, se comentan las implicaciones geodinámicas de la caracterización geoquímica de las rocas volcánicas de la Sierra de Neiba, que ocupa una posición intermedia entre el gran arco de islas Circum-Caribeño y su cuenca trasera (el Cinturón de Peralta), al norte o noreste, y el *plateau* oceánico del Caribe, al sur (Mann *et al.*, 1991a) (Fig. 1). La nomenclatura estratigráfica utilizada en esta publicación debe considerarse en gran parte como informal, a la espera de disponer de una cartografía geológica completa de toda la región.

Marco geológico

La Sierra de Neiba se localiza en el tercio occidental de la República Dominicana, en su parte central, donde emerge como un gran anticlinorio de rocas calcáreas cabalgante sobre las cuencas de San Juan y Enriquillo (Figs. 1 y 2). Presenta altitudes medias por encima de los 1.000 m, que en su eje central superan los 2.000 m (por ejemplo, 2.279 m en el firme de Sabana de El Silencio; 2.113 m, en torno a las lomas de La Víbora, La Laguna y Loma en Medio). Desde esta zona central se produce una pérdida de más de 2.000 m de cota en 10-14 km de distancia, hasta los 0-10 m.s.n.m. de la planicie del valle de Enriquillo. En la vertiente septentrional, la pérdida de cota no es tan brusca al enlazar con los valles de Vallejuelo o El Cercado, depresiones situadas a cotas de 550-650 m en el interior de la Sierra de Neiba que se abren al norte hacia el valle de San Juan (400-500 m.s.n.m.).

La estructura de la sierra consiste en grandes anti-formes de semi-longitud de onda kilométrica, con directrices cambiantes de NO-SE a E-O e incluso ENE-OSO, doble inmersión y una disposición en relevo escalonada en sentido sinistral (Fig. 2). Están limitados por cabalgamientos y cizallas de alto ángulo y por una intensa fracturación transversal u oblicua. Los sinclinales tienen los flancos septentrionales cabalgados por los anticlinales contiguos, formando estrechas bandas ocupadas generalmente por la Fm Sombrerito. Los pliegues presentan una vergencia ligera al Sur o son subverticales. La falla de Enriquillo presenta un trazado difuso hasta su terminación en el extremo oriental de la sierra (Mann *et al.*, 1999). La

vertiente septentrional de la Sierra de Neiba no se detalla aquí, aunque las cartografías y líneas sísmicas existentes indican una estructura de cabalgamientos con vergencia en sentido opuesto a los de la vertiente sur.

La sucesión estratigráfica de la Sierra de Neiba

Se distinguen las siguientes unidades (Fig. 3):

Unidad de El Manguito (Uem)

De forma implícita se ha considerado en la literatura que las calizas de la Sierra de Neiba, aunque datadas como eocenas, podrían incluir la parte alta del Cretácico (Llinás, 1971; Mann *et al.*, 1991a). La unidad de El Manguito constituye una primera prueba y, pese a lo limitado de su afloramiento, su datación y descripción tienen importancia singular.

Su nombre se ha tomado del río El Manguito en cuyo curso aflora 1 km aguas arriba de la represa donde se inicia su encajamiento entre paredes de caliza de la Formación Neiba (s.l.). La serie, muy plegada y desmembrada en bloques, está formada por calizas grises recristalizadas en capas de 30 a 50 cm de espesor, alternando con lutitas pizarrosas negras y basaltos (unidad Uem, en Fig. 4). Las calizas son *wackestones* bioclásticos de globigerináceos, con una asociación de *Hedbergella sp.*, *Heterohelix sp.* (cf. *H. globulosa*) y *Globotruncana* que determina el Senoniense (Granados, en Hernández Huerta 2004a).

La unidad forma parte de un afloramiento más extenso de basaltos y brechas volcánicas de composición básica perteneciente al Conjunto Volcanosedimentario Eoceno de El Aguacate de Neiba, que se halla intercalado en la Fm Neiba brechoide y ocupa unos 500m a lo largo del cauce del río (Fig. 3). Aunque la relación estructural de la unidad cretácica de El Manguito con las rocas encajantes eocenas no está resuelta, existe la posibilidad de que sea un fragmento de rocas cretácicas arrancado durante el ascenso de los basaltos eocenos. Su signatura geoquímica refuerza la hipótesis de que la Unidad de El Manguito represente parte del sustrato de las formaciones paleógenas (ver más adelante).

Formación Neiba

Las primeras referencias de la Fm Neiba en sentido amplio son los trabajos pioneros de Vaughan *et al.* (1921) para el Servicio Geológico de los EEUU, que también definió la Fm Plaisance en dominios equiva-

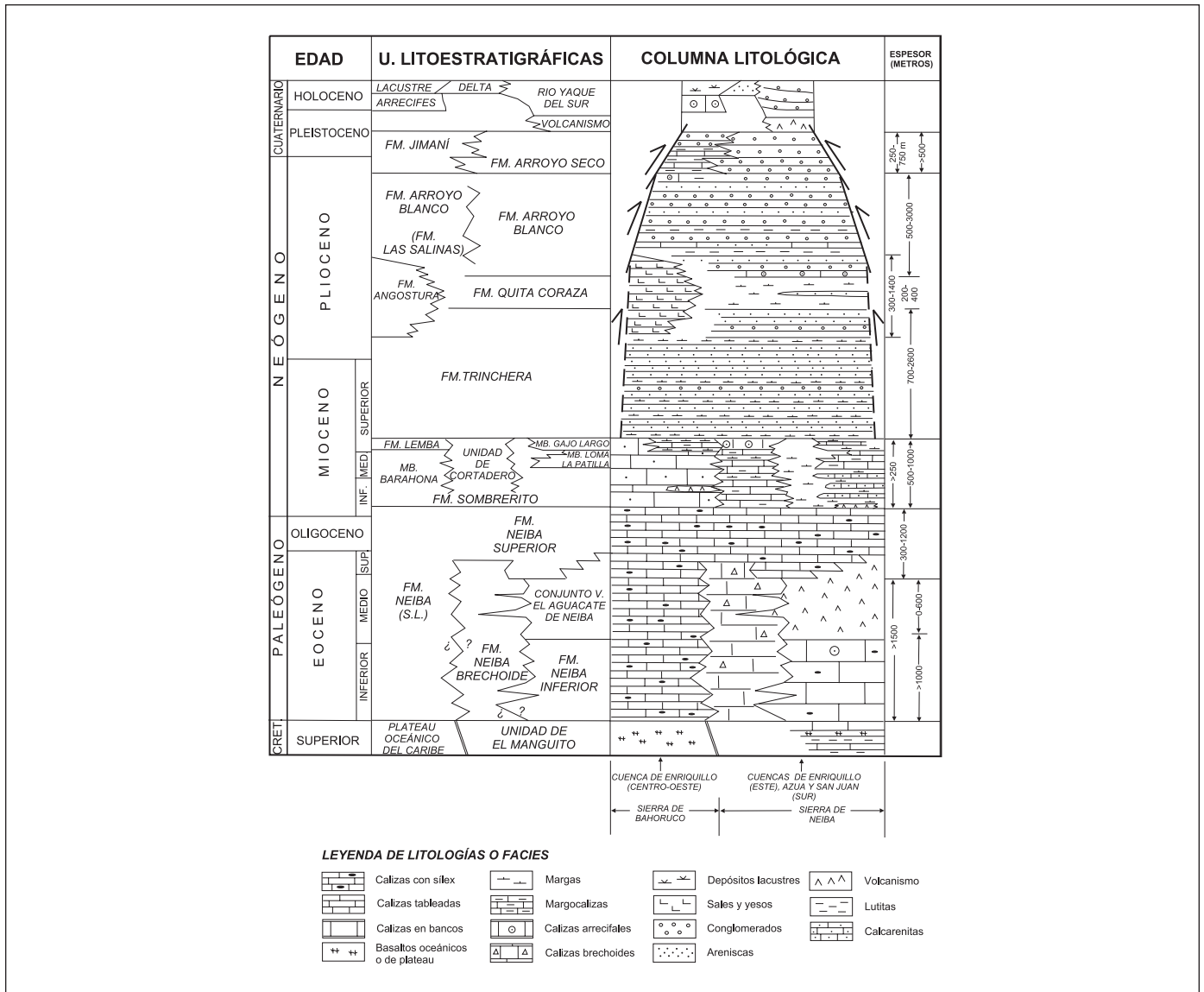


Figura 3. Cuadro de síntesis estratigráfica de la región SO de la República Dominicana en el que se incluye la estratigrafía simplificada de la Sierra de Neiba

Figure 3. Chart of general stratigraphy of the southwest region of the Dominican Republic including the simplified stratigraphy of the Sierra de Neiba

lentes a la Sierra de Neiba en Haití. A partir de esta primera denominación, dos décadas después el equipo de la Dominican Seaboard Oil Company (especialmente Dohm, 1941, 1942; Arick, 1940a, 1940b; Wallace, 1947, recopilados en Bermúdez, 1949) establece para el Paleógeno de las sierras de Neiba y de Bahoruco una estratigrafía integrada por las formaciones calcáreas Plaisance, Neiba, y Sombrerito, esta última considerada del Oligoceno hasta fechas recientes. Los autores que trabajaron durante las

décadas de los 70 y 80 en ambos dominios y en la exploración de hidrocarburos de la cuenca de Enriquillo han mantenido y precisado esta estratigrafía (Llinás, 1971; Bourgois *et al.*, 1979; Breuner, 1985; Canadian Oil Company, en Norconsult, 1983). Sin embargo, los problemas de correlación entre las sierras no se han resuelto y por este motivo las síntesis de García y Harms (1988) y de Mann *et al.* (1991b) evitan estas formaciones y usan la denominación Fm Neiba en sentido amplio.

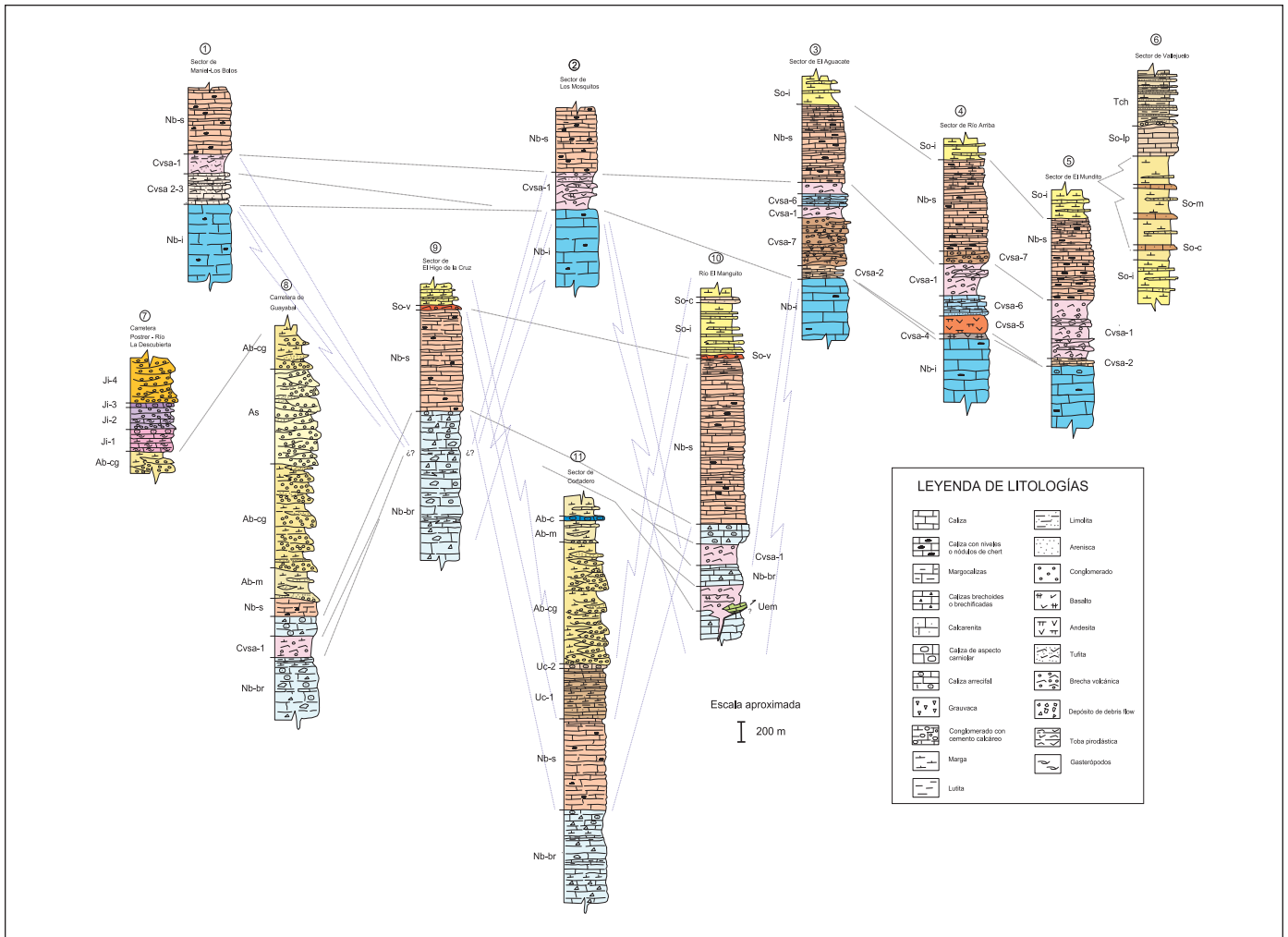


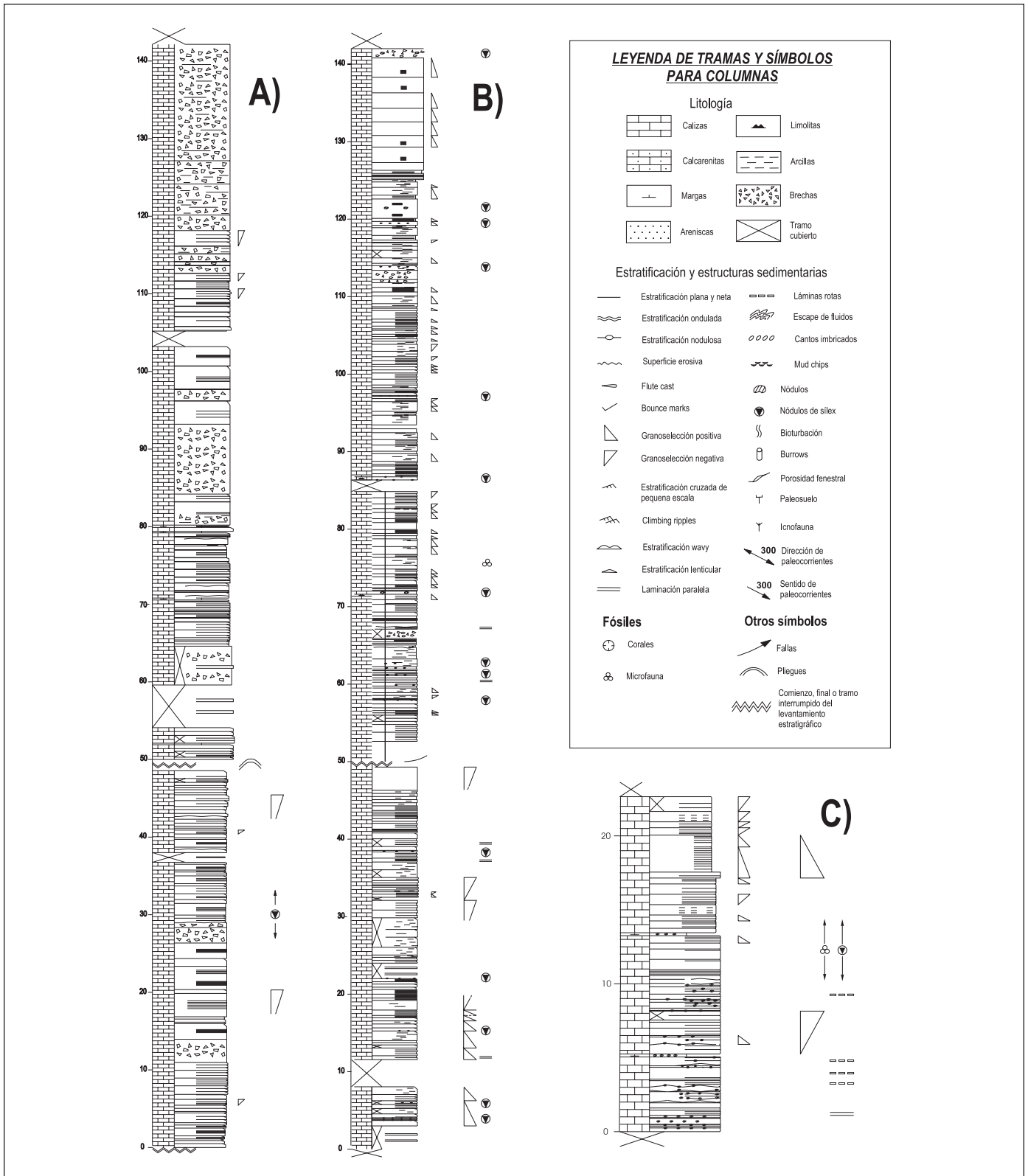
Figura 4. Columnas estratigráficas sintéticas de la Sierra de Neiba. Su localización se indica en la figura 2. Las abreviaturas de cada unidad son las que se utilizan en el texto. Las formaciones Trincheras (Tch), Arroyo Blanco (Ab) y Jimaní (Ji) pertenecen al relleno de la cuenca de Enriquillo y su estudio no se incluye en este trabajo
 Figure 4. Synthetic stratigraphic sections of the Sierra de Neiba. Location is indicated in fig. 2. The abbreviations for each unit are the same used in the text. The Trincheras (Tch), Arroyo Blanco (Ab) and Jimaní (Ji) formations belong to the Enriquillo basin infill and their study is not included in this paper

Debido a que las definiciones originales de las formaciones Plaisance y Neiba no describen la relación estratigráfica con la serie volcánica de El Aguacate, se ha optado en este trabajo por nuevas denominaciones. Para ello ha sido decisivo probar la conexión cartográfica de los afloramientos volcánicos previamente reseñados por Bourgeois *et al.* (1979), Breuner (1985) y García y Harms (1988) y su atribución al mismo intervalo estratigráfico, permitiendo separar una Fm Neiba inferior de una Fm Neiba superior. Así mismo se ha constatado el acunamiento de este conjunto y la brechificación de las calizas hacia el sur, lo que dificulta la diferenciación (Fig. 2).

Fm Neiba inferior (Nb-i)

Denomina a las series de calizas situadas bajo el Complejo Volcanosedimentario de El Aguacate (Fig. 3). Esta formación ocupa las zonas septentrionales de las hojas de Galván y La Descubierta, y la mayor parte de la hoja fronteriza de Boca Cachón, desde donde se extiende hacia Haití. Sus afloramientos coinciden con los núcleos anticlinales de la zona central de la Sierra de Neiba. Debido a que la base no aflora su espesor se desconoce, estimándose al menos 1.000-1.500 m en los cortes geológicos.

Se diferencia en el paisaje por el aspecto masivo



gris-oscuro de la caliza, que contrasta con la estratificación tableada de tonos más claros de la Fm Neiba superior. Litológicamente es una sucesión de calizas *mudstones* y *wackestones* de color gris-crema de foraminíferos planctónicos y bentónicos, dispuestas en capas rítmicas métricas a decimétricas separadas por niveles centimétricos de margas (Fig. 5). Son comunes los nódulos de sílex, aunque aparentemente no se concentran en niveles de referencia. Por su homogeneidad litológica, ausencia de estructuras tractivas, fauna planctónica y ciclicidad poco manifiesta, se interpreta un ambiente de plataforma o rampa distal por debajo del nivel de base del oleaje de tormentas.

Los metros superiores de la serie, justo debajo del conjunto volcanosedimentario, se caracterizan por texturas de *packstones-rudstones* de macroforaminíferos, restos de corales y algas (Fig. 6). En La Rosa-El Mundito (hoja de Galván) al menos los 20 metros superiores corresponden a esta facies somera; mien-

tras que en Ángel Félix (hoja de Boca Cachón) se encuentra en los últimos 2-3 metros bajo el contacto con las brechas volcánicas, aunque la identificación de otro nivel situado algunas decenas de metros por debajo indica que puede haber más de un ciclo de somerización.

La Fm Neiba inferior se correlaciona, al menos en parte, con la Fm Plaisance de Vaughan *et al.*, (1921), donde Cooper (1983) describe también facies someras; y parcialmente con la Fm Vallejuelo de Breuner (1985). La microfauna de foraminíferos de la Fm Neiba inferior es representativa del Eoceno, sin más precisiones. Cepek (1991), en su recopilación de edades de formaciones sedimentarias de toda la isla para la elaboración del Mapa de la Misión Alemana (DGM-BGR 1991), no obtuvo mejores resultados en esta zona ni con foraminíferos ni con nannoplancton. Indirectamente, la datación del Luteciense en una muestra de la base del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate (ver

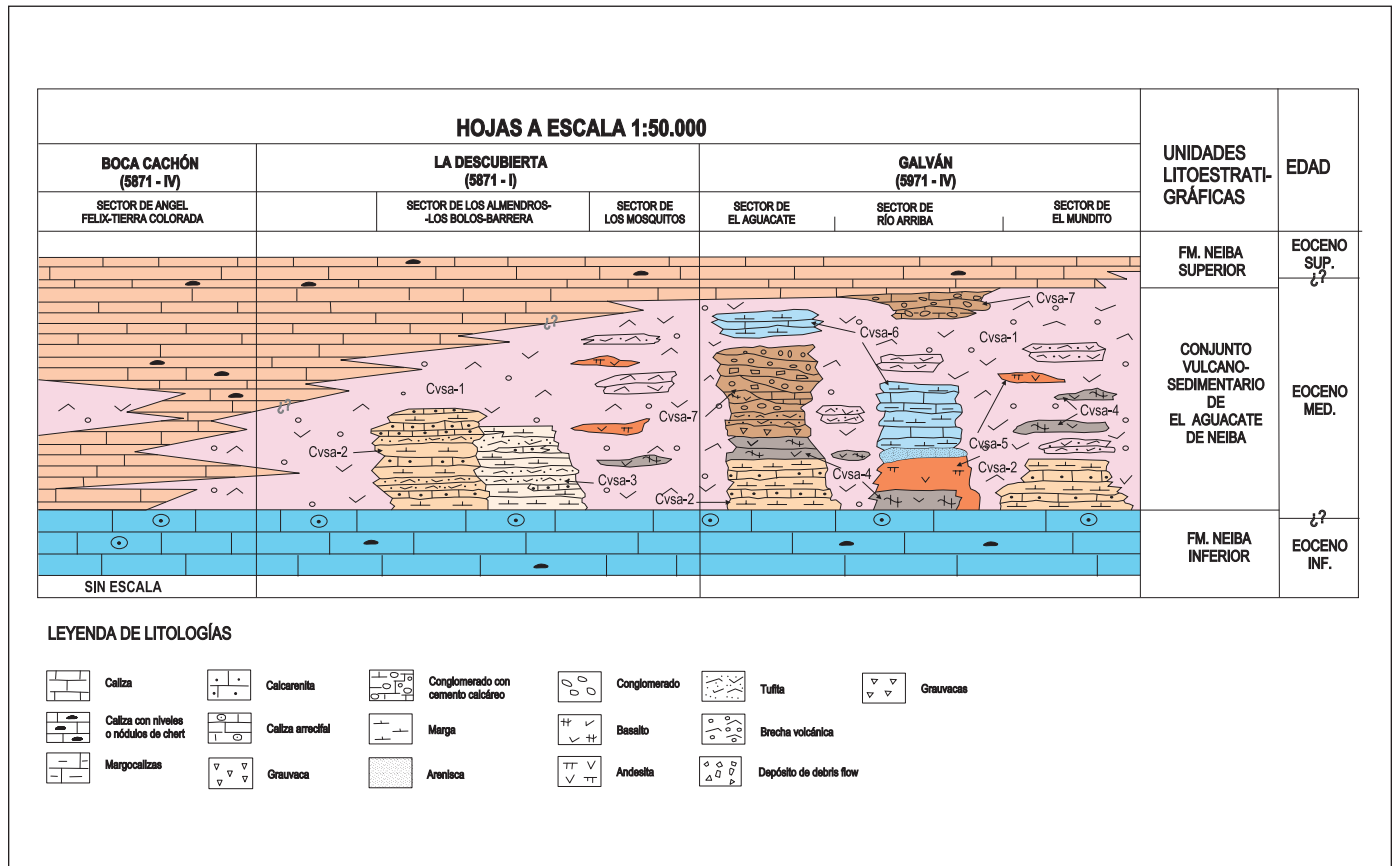


Figura 6. Esquema de distribución de las unidades del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate
 Figure 6. Sketch of general distribution of El Aguacate Volcanosedimentary Complex units

más adelante) permite considerar el Eoceno Inferior-Medio (parte baja) como edad más probable (Hernaiz Huerta, 2004a, b).

Fm Neiba superior (Nb-s)

Denomina a la serie calcárea que aflora por encima del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate. El espesor oscila entre más de 1.000 m en la parte central de la hoja de Galván, y 300-500 m en los sectores septentrionales y meridionales de esta misma hoja y de la mitad oriental de La Descubierta (Fig. 2). En la mitad occidental de esta última área, la Fm Neiba superior reduce su espesor, sustituida en parte por la Fm Neiba brechoide y termina desplazada por fallas o bajo depósitos más recientes. Las condiciones de afloramiento no favorecen la observación del contacto con el conjunto volcanosedimentario infra-yacente, pero aparenta ser neto y concordante. Excepcionalmente, en las inmediaciones de Ángel Félix (hoja de Boca Cachón), el tránsito entre estas dos formaciones parece gradual mediante varias intercalaciones de material volcánico en la parte baja de la Fm Neiba superior (Fig. 6). En ausencia del conjunto volcanosedimentario, el contacto con la Fm Neiba brechoide es poco definido y su identificación se basa en una serie de criterios como la aparición hacia muro de facies más someras propias de esta última formación o, en paisaje, por la desaparición del característico aspecto tableado de la Fm Neiba superior y su sustitución por bancos masivos. El contacto con la Fm Sombrerito suprayacente es también difícil de observar; en la transversal de Vallejuelo es concordante y viene determinado por un rápido incremento de los términos margosos, que adquieren típicas tonalidades ocres e intercalan calcarenitas.

La Formación Neiba superior (unidad Nb-s en Fig. 4) consiste en una sucesión monótona de capas decimétricas de calizas de tonos claros con característico aspecto tableado (Fig. 5). Hay intercalaciones margosas subordinadas que adquieren más importancia hacia el techo. Es frecuente el sílex en niveles o nódulos, aunque con una distribución aparentemente aleatoria. La estratificación tableada facilita el plegamiento. Las calizas son predominantemente *mudstones* y *wackestones* de foraminíferos planctónicos (y en menor proporción bentónicos), similares a la Fm Neiba inferior y por tanto asimilables a los mismos ambientes sedimentarios (rampa o plataforma distal). La Fm Neiba superior se correlaciona con la Fm Neiba descrita por encima de la Fm Plaisance (equipo de la Dominican Seaboard Oil Company, en Norconsult, 1983; Llinás 1971; Breuner 1985; Cooper

1983) o con la parte alta de la Fm Neiba indiferenciada (Misión Alemana, DGM-BGR 1991; Mann *et al.*, 1991b).

En las dataciones micropaleontológicas son mayoritarias las asociaciones del Eoceno Superior. El Mioceno inferior se reconoce en los términos más altos de la serie (Hernaiz Huerta, 2004a). Considerando además la edad Luteciense de la base del Complejo Volcanosedimentario, la edad Fm Neiba superior se ha asignado preferentemente al intervalo Eoceno Superior-Mioceno Inferior, sin que se deba descartar que, en algunas zonas, su base comience en la parte alta del Eoceno Medio.

Fm Neiba brechoide (o indiferenciada) (Nb-br)

Es una unidad informal que aflora en la mitad meridional de las hojas de Galván y La Descubierta (Fig. 2, Fig. 3, unidad Nb-br en Fig. 4) formando lomas carstificadas de perfil suave. La delimitación de los límites superior e inferior de esta unidad y su correlación con las unidades adyacentes es por el momento poco precisa. Su espesor oscila entre más de 1.000 m en el sector central de la hoja de La Descubierta hasta su total desaparición hacia el norte, este y oeste por acunamiento o cambio lateral de facies a la Fm Neiba inferior. También se desconoce la continuidad hacia el sur bajo el subsuelo de la cuenca de Enriquillo.

La Fm Neiba brechoide está formada por calizas masivas brechificadas de tonos rosados y blanquecinos con una textura carniolar pulverulenta que la hace fiable y facilita su extracción industrial (Hernaiz Huerta, 2004a, b). Esta fábrica distintiva es de tipo secundario y ha borrado la estratificación y las estructuras sedimentarias deposicionales, que donde están preservadas son *packstones-grainstones* a *rudstones-floatstones* de macroforaminíferos y corales, algas rojas, gasterópodos y bivalvos, facies características de una plataforma interna de carbonatos. En los sectores más orientales de la hoja de La Descubierta y en la hoja de Galván alterna con *wackestones* estratificados de foraminíferos planctónicos y bentónicos característicos de la parte alta de la unidad y de la Fm Neiba superior. El estudio de láminas delgadas no ha aportado evidencias sobre el origen de la brechificación; la hipótesis que aquí se sugiere es la de un origen diagenético por disolución a través de fracturas y poros de la roca con pérdida de volumen y colapso, tal vez por acidificación de las aguas freáticas por contacto con hidrocarburos.

De acuerdo con el contenido paleontológico y su posición estratigráfica más habitual entre las formaciones Neiba inferior y superior, la unidad Neiba bre-

choide se ha asignado al intervalo Eoceno Inferior-parte baja del Eoceno Superior (Hernaiz Huerta, 2004 a y b). Sin embargo nuevas precisiones sobre su contenido en macroforaminíferos sugieren un intervalo de ocurrencia más amplio correspondiente al Eoceno Inferior-Mioceno Inferior (Serra-Kiel *et al.*, 2007)

Conjunto Volcanosedimentario El Aguacate de Neiba

Comprende unidades predominantemente volcánicas (Fig. 4; Fig. 6): brechas volcánicas y tufitas (Cvsa-1) basaltos (Cvsa-4) y andesitas (Cvsa-5); unidades sedimentarias: calcarenitas laminadas y margas (unidades Cvsa-2 y Cvsa-3); y unidades volcanosedimentarias: calizas, margocalizas, y brechas volcánicas (unidad Cvsa-6), conglomerados y brechas polimícticas, tobas, brechas volcánicas, grauvacas y calizas (unidad Cvsa-7) (Figs. 4 y 6). El espesor es de unos 600 m en el sector central de la hoja de Galván, 200-300 en la parte norte de la hoja de La Descubierta y disminuye hasta desaparecer en su parte meridional.

Brechas volcánicas y tufitas (Cvsa-1)

Esta unidad constituye el principal volumen del Conjunto Volcanosedimentario y está localizada en el centro y norte de las hojas de Galván y La Descubierta concordante sobre la Fm Neiba inferior. Aflora generalmente alterada con tonos rojizos y aspecto masivo y fragmentario. Su componente mayoritario son brechas de fragmentos angulosos a subredondeados de 0,5 a 1 cm de tamaño medio y ocasionalmente tamaño bloque, de lavas basálticas y andesíticas en una matriz de arena gruesa-microconglomerática de la misma composición. En el valle de Maniel-Los Bolos (hoja de La Descubierta) domina el lapilli y las cineritas laminadas en alternancia con margas y calcarenitas. Los componentes esenciales en lámina delgada son vitroclastos, fragmentos de lavas basálticas vítreas y vesiculares, y cristales de plagioclasa y clinopiroxeno englobados por una matriz afanítica cementada y reemplazada por carbonatos. Su asociación con los niveles de lapilli acrecionario sugiere una relación con erupciones explosivas o freatomagmáticas (Escuder Viruete, 2004). Se observa una distribución de facies de proximal a distal con dominio de tobas piroclásticas al este y lapilli y cineritas mezcladas con sedimentos al oeste. En concordancia con esta observación, las intercalaciones de lavas basálticas y andesíticas son más frecuentes y potentes en la hoja de Galván que en la de La Descubierta (Fig. 6).

Bellon *et al.* (1985) obtuvieron en la localidad de El Aguacate una edad de 52,7 Ma por el método K/Ar. Dos nuevas dataciones absolutas realizadas para este trabajo por los métodos de U/Pb en circones y Ar/Ar en hornblenda, sobre una misma muestra de coladas andesíticas intercalada en las facies mayoritarias de brechas y tufitas de la hoja de La Descubierta, proporcionan edades de $51,7 \pm 0,5$ (Friedmann, 2004) y $50,1 \pm 3,4$ (Ullrich, 2004) Ma, que confirman la anterior datación (Fig. 2).

Alternancia de calcarenitas y margas (Cvsa-2 y Cvsa-3)

Esta unidad se sitúa a techo de la Fm Neiba inferior. Aflora en los flancos del anticlinal del Aguacate (hoja de Galván) y en el sinclinal volcado de Los Bolos (hoja de La Descubierta) con un espesor entre 50 y 100 m. El contacto con la Fm Neiba inferior infrayacente es concordante y coincide con la aparición de calcarenitas tableadas de color ocre-amarillento que gradualmente incorporan limolitas, margas y margocalizas y tobas laminadas de grano fino en secuencias métricas granocrecientes (Figs. 4, 6 y 7). Las calcarenitas forman capas de 10 a 50 cm con foraminíferos planctónicos y bentónicos, equinodermos, bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, briosos, algas y corales. Una fina diseminación indica localmente la presencia de minerales secundarios de Cu. Los niveles de calcarenitas groseras tienen superficies y laminaciones onduladas de tipo *hummocky*, a veces marcadas por lineaciones de cantos blandos y *ripples* simétricos en el techo (Fig. 7). Las facies de oleaje de mayor energía incorporan clastos de basaltos y andesitas de 1-2 cm de tamaño medio. En el sector oriental del sinclinal de Los Bolos (hoja de La Descubierta) y en el corredor continuación de éste que lleva a La Finca, el predominio de margas respecto a las calcarenitas permite definir una nueva unidad cartográfica (unidad Cvsa-3) (Figs. 6 y 7).

Los ciclos somerizantes marga-limolita-calcarenita, bien caracterizados en Los Bolos (Fig. 7), se interpretan como depósitos de tormenta de una plataforma de carbonatos. Las asociaciones de fauna caracterizan el Eoceno Medio-Superior y una de las muestras determina concretamente el Luteciense (Hernaiz Huerta, 2004a). Con estos datos y teniendo en cuenta sus relaciones estratigráficas con las Fms. Neiba inferior y Neiba superior, la edad del Conjunto Volcanosedimentario del Aguacate se asigna principalmente al intervalo del Eoceno Medio, y también a la parte baja-media del Eoceno Superior (Hernaiz Huerta, 2004a, b).

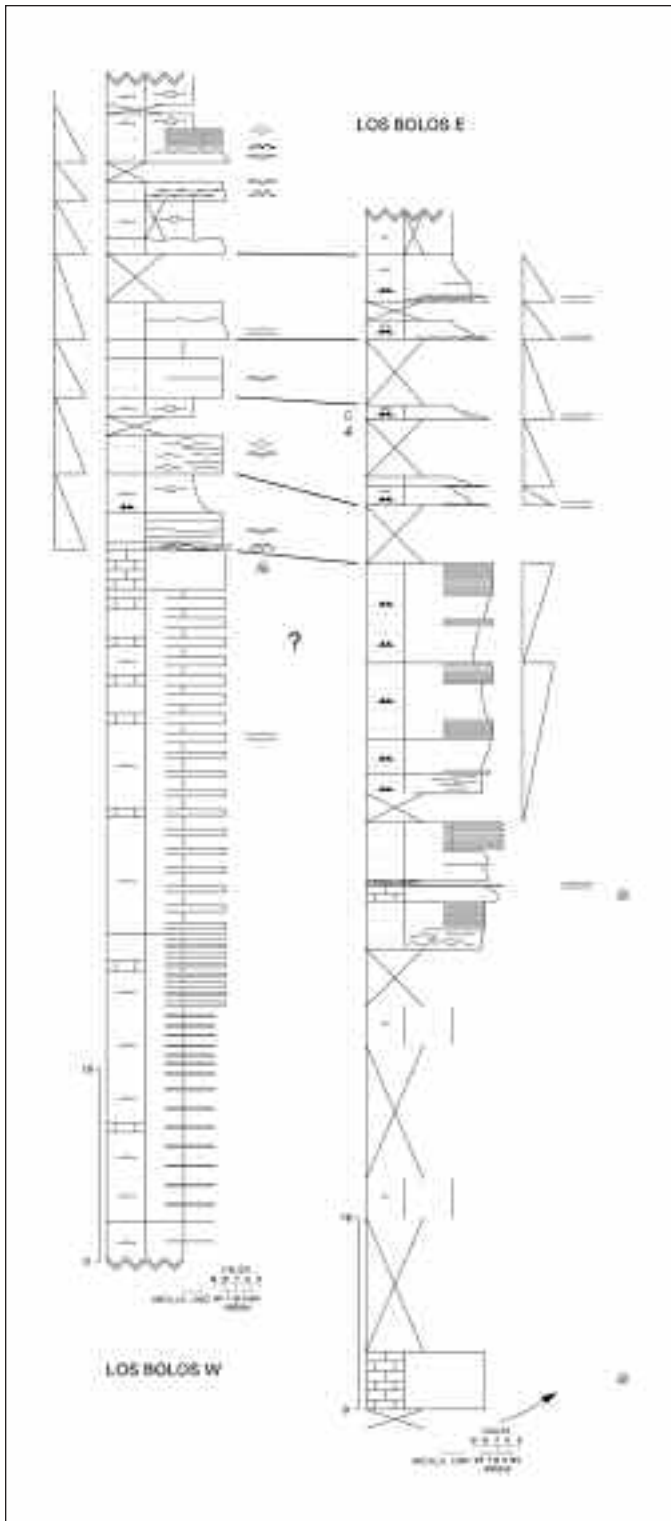


Figura 7. Series estratigráficas de detalle del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate en los Bolos O y E, según Ardévol (2004). Su localización se señala en la figura 2. Simbología, como en la figura 5

Figure 7. Detailed stratigraphic sections of El Aguacate Volcanosedimentary Complex in Los Bolos W and E, after Ardévol (2004). Location is indicated in figure 2. Symbols, as in figure 5

Basaltos (Cvsa-4)

Dentro del conjunto volcanosedimentario es frecuente encontrar intercalaciones de lavas basálticas con clinopiroxeno (y ortopiroxeno menos importante o ausente) de textura hipocristalina, microporfídica y mesostasia fluidal traquítica (Escuder Viruete, 2004). Únicamente alcanzan entidad cartográfica en dos sectores de la hoja de Galván (Fig. 6): en la zona de Río Arriba son 50-100 m de basaltos masivos sobre las calizas de la Fm Neiba inferior; en la carretera del Mundito-La Rosa son 30-40 m de basaltos almohadados con disyunción columnar entre el conjunto de brechas. Otros afloramientos interesantes, aunque sin entidad cartográfica, se intercalan entre los conglomerados de la unidad Cvsa-7 en la cañada de Los Peñascos al NO de la localidad de Los Guineos.

Andesitas (Cvsa-5)

Al igual que los basaltos, las andesitas forman niveles discontinuos dentro de la unidad de brechas. Presentan una textura porfídica de fenocristales milimétricos de plagioclasa y anfíbol inmersos en una mesostasia formada por un vidrio intersticial que ha sido completamente desvitrificado y recristalizado a un agregado micro y criptocristalino rico en sericita, feldespatos, algo de cuarzo microcristalino y opacos (Escuder Viruete, 2004). En la zona de Río Arriba tienen más de 5 km de continuidad lateral y unos 30 a 100 m de espesor (Fig. 6), ocupando la parte inferior del conjunto volcanosedimentario, inmediatamente por encima del nivel de basaltos. Se presentan como un conjunto masivo de lavas con grandes fenocristales de plagioclasa, anfíboles y algo de cuarzo, englobados en una matriz de grano fino o afanítica de la misma composición. Es común la autobrechificación y, sobre todo en la base, la alteración hidrotermal con mineralizaciones diseminadas o concentradas en venas. Los análisis han dado indicios de cobre. Cerca del techo hay brechas volcánicas y tobas de composición andesítica alternando con areniscas arcósicas y microconglomerados y, en los últimos metros, alternando con calizas y margas de la base de la unidad suprayacente (Cvsa-6).

Alternancia de calizas, margocalizas, margas y brechas volcánicas (Cvsa-6)

Las brechas volcánicas y tobas del conjunto volcanosedimentario intercalan en distintos niveles estratigráficos calizas, margocalizas y margas. Los principa-

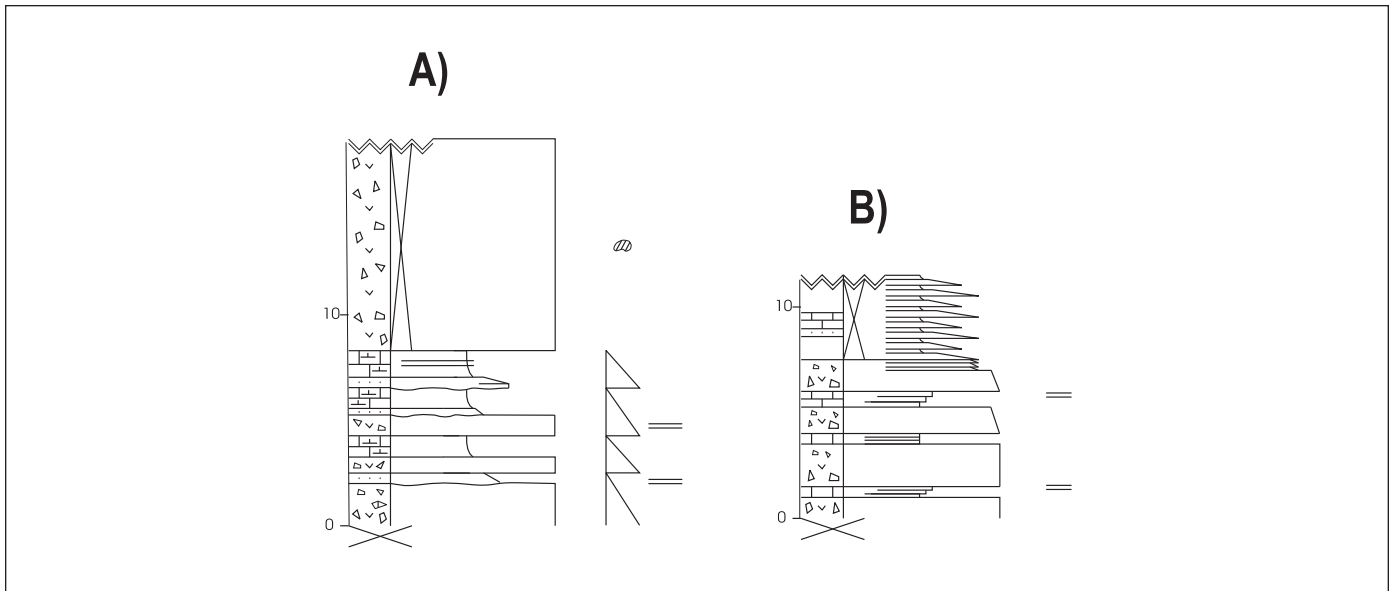


Figura 8. Series estratigráficas de detalle del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate en la localidad de El Aguacate y en la caseta del guarda del Parque Natural, según Ardévol (2004). Su localización se señala en la figura 2. Simbología, como en la figura 5
 Figure 8. Detailed stratigraphic sections of El Aguacate Volcanosedimentary Complex in the locality of El Aguacate and Natural Park guard house, after Ardévol (2004). Location is indicated in figure 2. Symbols, as in figure 5

les tramos se encuentran en la hoja de Galván en las inmediaciones de El Aguacate y en la zona de Río Arriba (Figs. 4 y 6). El corte a lo largo de la pista de acceso a El Aguacate expone más de 100 m de calizas y margocalizas en capas de 20-50 cm que alternan con brechas volcánicas, lapilli o cineritas laminadas, y margas (Fig. 8), formando tramos de 10-20 m de espesor. Las calizas son micritas y calcarenitas con *ripples* y granoselección positiva, a veces con microconglomerado en la base y fauna de microforaminíferos, radiolarios, ostrácodos, equínidos y lamelibranchios. Completan este conjunto de gran variedad litológica, niveles de conglomerados mal seleccionados, *debris flow* de fragmentos de basaltos, andesitas y tobas y un nivel de arcosas-litoarenitas de cuarzo, feldespato, fragmentos de rocas volcánicas, chert y bioclastos. En la zona de Río Arriba la sección corresponde a niveles estratigráficos más bajos, directamente sobre la unidad de andesitas (Fig. 4 y 6). Son 50-100 m de calizas (*mudstones* y *wackestones* bioclásticos) y margas alternando con brechas volcánicas y tobas.

El ambiente deposicional es una plataforma externa de carbonatos con aportes volcánicos por procesos gravitacionales. En concreto, los afloramientos de El Aguacate se pueden interpretar como turbiditas. El contenido micropaleontológico de la unidad caracteriza el Eoceno Medio-Superior.

Conglomerados y brechas polimícticas con intercalaciones de tobas y brechas volcánicas, grauvacas, autobrechas basálticas y calizas (Cvsa-7)

Las litologías dominantes son conglomerados y brechas en tramos de gran espesor, fácilmente identificables en el paisaje. En detalle, sin embargo, la unidad integra variedad de litologías. En la zona de El Aguacate ocupa la base del complejo volcanosedimentario, con un espesor superior a 200 m (Figs. 4 y 6), formada por conglomerados masivos y desorganizados con cantos en su mayoría andesíticos, pero también de calizas. Tienen una mala clasificación, ya que sus dimensiones oscilan entre 1 cm y el tamaño bloque, con una media de 10 cm, soportados por una matriz de arena gruesa o microconglomerado de la misma composición. Entre los conglomerados se intercalan niveles métricos a decamétricos de brechas volcánicas, basaltos (algunos autobrechificados), grauvacas y calizas con bioclastos. En la zona de Río Arriba forma un tramo de unos 100 m de espesor y 4 km de continuidad lateral situado inmediatamente bajo las calizas tableadas de la Fm Neiba superior con un contacto neto. Aquí la unidad está casi exclusivamente compuesta de conglomerados con esporádicas intercalaciones de brechas volcánicas y basaltos, con un mayor grado de retrabajamiento, menos matriz y cantos más redondeados. En los últimos

metros de la unidad, la matriz cambia de composición volcánica a carbonatada cementada por carbonato.

Esta unidad heterolítica se interpreta como depósitos de abanicos deltaicos en una plataforma marina, e implica la erosión de los centros de emisión y de series volcánicas relativamente próximas, que para-

dómicamente nunca se han reconocido en el SO de la isla, así como la presencia de rocas intrusivas en la Fm Neiba inferior.

Fm Sombrerito

La denominación de esta formación se atribuye a Olson (en Bermúdez, 1949) en el arroyo del mismo nombre en el extremo oriental de la Sierra de Neiba. Tanto en esta sierra como en la cuenca de San Juan consiste en una sucesión rítmica de más de 500 m de espesor de margas con intercalaciones decimétricas de calcarenitas y calizas que localmente alcanzan espesores decamétricos y producen resaltes morfológicos. El corte más representativo es el de Cabeza de Toro, de unos 400 m de espesor, situado en la porción oriental del sinclinal de Vallejuelo (hoja de Villarpando, Fig. 9). Combinando este corte con secciones de otras áreas, la formación se ha subdividido en las siguientes unidades:

Brecha volcánica o conglomerado basal (So-v)

Se ha reconocido en afloramientos próximos a la localidad de Apolinar Perdomo en la hoja de Galván, y en la hoja de La Descubierta al sur de Los Hierros, siempre en la misma posición estratigráfica basal. Los mejores puntos de observación se dan en la carretera de El Aguacate inmediatamente después del desvío a El Copey, y en la Cañada Manantial, camino de Rancho Marco. En esta última localidad consiste en 3 m de brechas y conglomerados de rocas volcánicas y en menor proporción calcáreas, con abundante matriz (>60%) de la misma composición. Algunos clastos calcáreos alcanzan hasta 20 cm de diámetro. En contraste, el afloramiento de la carretera de El Aguacate corresponde a una brecha masiva basáltica con matriz afanítica, probablemente de origen piroclástico. Las brechas coexisten con tobas de textura microporfidica o plagioclásico traquitoide, con fenocristales de plagioclasa, algunos piroxenos y opacos, todos variablemente cloritizados y sericitizados. La matriz, de igual composición, se presenta cementada por carbonatos y localmente se identifica algún foraminífero o briozoo, lo que implica mezcla con sedimento dentro de la cuanca.

La unidad se interpreta como resultado de un evento volcánico de extensión restringida, coincidente en el tiempo con el cambio de un ambiente de plataforma abierta característico de la Fm Neiba superior a la llanura submarina donde se deposita la Fm Sombrerito.

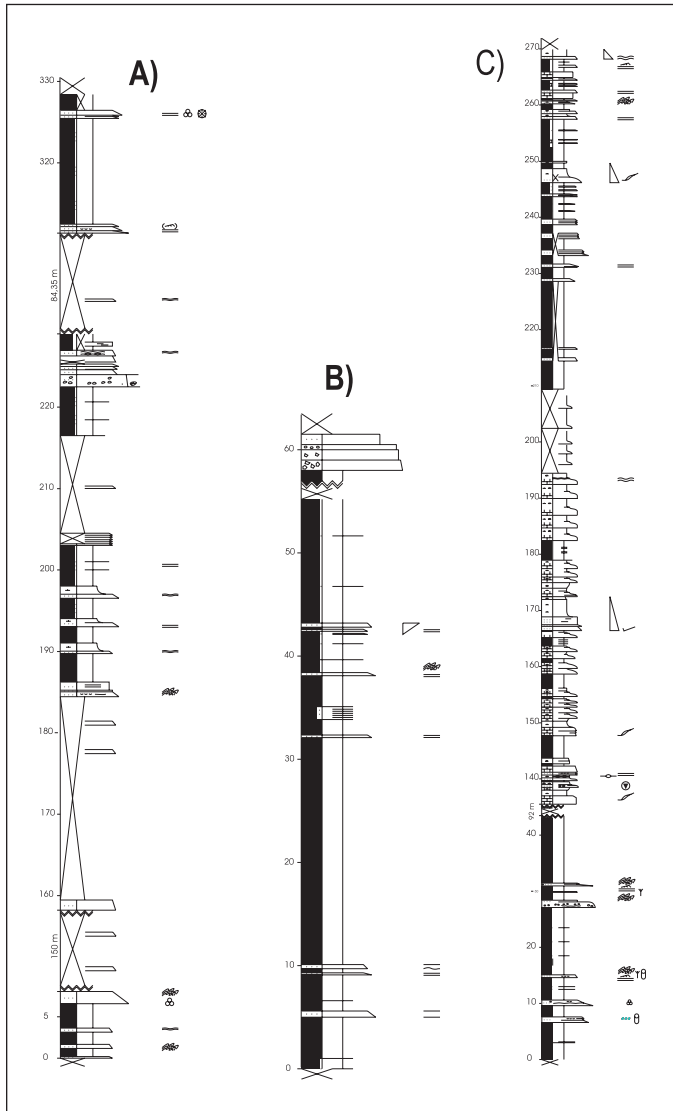


Figura 9. Serie estratigráfica de detalle (en tramos discontinuos) de la Fm Sombrerito en la pista de Cabeza de Toro, según Ardévol (2004). Las columnas A y B corresponden al "tramo margoso inferior" de esta formación, y la columna C, al "tramo calcáreo intermedio" (Mb Loma de La Patilla). Su localización aproximada se señala en la figura 2. Simbología, como en la figura 5
 Figure 9. Detailed (discontinuous) stratigraphic section of Sombrerito Fm in the Cabeza de Toro track, after Ardévol (2004). Sections A and B belong to the informal "marly lower part" of this formation and section C, to the "calcareous middle part" (Loma La Patilla Mb). Location is indicated in figure 2. Symbols, as in figure 5

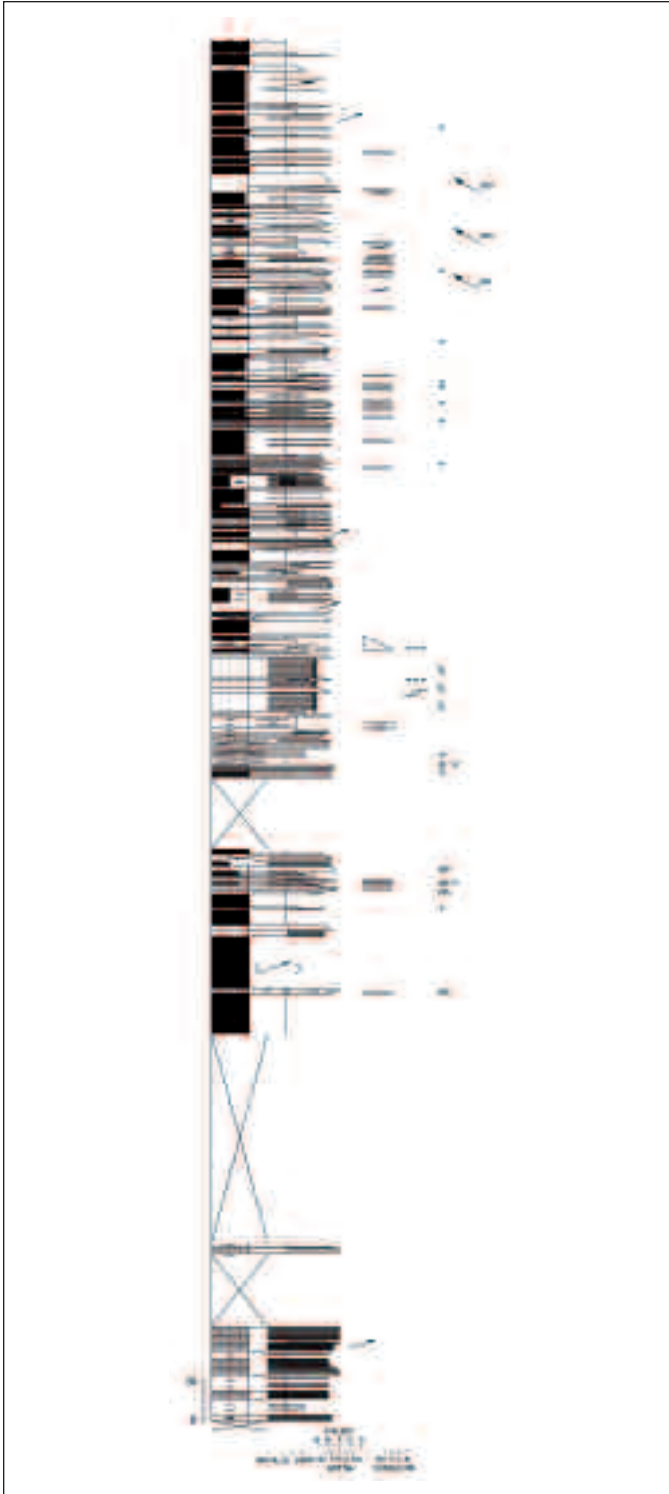


Figura 10. Serie estratigráfica de detalle de la Fm Sombrerito ("tramo calcáreo intermedio" o Mb Loma de La Patilla) en la carretera de El Mundito, según Ardévol (2004). Su localización se señala en la figura 2. Simbología, como en la figura 5

Figure 10. Detailed (discontinuous) stratigraphic section of Sombrerito Fm ("calcareous middle part" or Loma de La Patilla Mb) in El Mundito road, after Ardévol (2004). Location is indicated in figure 2. Symbols, as in figure 5

Tramo margoso inferior (So-i; So-m; So-c)

Consiste en una sucesión de más de 300 m de margas grises y oscuras, amarillentas por alteración, con intercalaciones rítmicas de calcarenitas decimétricas ocreas (unidad So-i en Fig. 4; Fig. 9 - A y B) Hay tramos de claro predominio margoso (unidad So-m) y calcarenítico (unidad So-c). Los niveles calcareníticos son *packstones* bioclástico-peletoidales de geometría tabular y granoclasificación positiva que gradan a margas ricas en globigerínidos del Mioceno Medio-Superior (Díaz de Neira, 2004a). Se interpretan como facies turbidíticas. La ausencia de depósitos canalizados, el tamaño de grano generalmente fino, la continuidad lateral de las capas, la proporción margas/calcarenita, la ausencia de ciclicidad y la presencia de megacapas, indican un ambiente de llanura submarina.

Tramo calcáreo intermedio (Mb Loma La Patilla) (So-lp)

Es una unidad competente que forma un resalte morfológico entre el conjunto más característico de la Fm Sombrerito y el Mb Gajo Largo. Se extiende más de 17 km desde la Loma La Patilla, en el sector occidental del sinclinal de Vallejuelo (hoja de Galván), hasta el sector oriental de la hoja de Villarpando, donde se arquea y adquiere una disposición paralela al río Yaque del Sur. El resalte vuelve a aparecer en el sector meridional de ambas hojas y se continúa, ya muy disminuido de altura, por el sinclinal de Apolinar Perdomo (hoja de Galván), en este caso entre margas y calcarenitas (unidad So-lp en Fig. 4)

El mejor corte es el ya citado de Cabeza de Toro (Fig. 9 - C). Otro corte, en la pista del Mundito (Fig. 10), es representativo de las facies más meridionales. La unidad está formada por 75 m de calizas y calcarenitas tableadas de tonalidades blanquecinas o amarillentas, con delgados niveles margosos intercalados. Las calizas tableadas poseen superficies planas y onduladas e incluyen nódulos de sílex. Son *wackestones* bioclásticos con granos orientados y *packstones-rudstones* bioclásticos formando ciclos positivos. Las evidencias de resedimentación en los niveles calcáreos sugieren que se trata de turbiditas carbonatadas. El paso al tramo superior es una superficie neta. La unidad contiene una asociación de microfósiles del Mioceno Medio-Superior (Díaz de Neira, 2004a; Hernaiz Huerta, 2004a).

Tramo margoso superior (Mb Gajo Largo).

Aflora únicamente en el núcleo del sinclinal de

Vallejuelo con un espesor estimado de 200 m (Fig. 3). El contacto inferior sobre el Mb Loma La Patilla es neto, en contraste con el paso a la Fm Trinchera suprayacente, que es gradual por enriquecimiento progresivo de areniscas a expensas del contenido calcáreo. Está constituido por margas oscuras y niveles decimétricos de calcarenitas y areniscas dispuestos de forma rítmica pero espaciada. Localmente las calcarenitas alcanzan espesores métricos y forman resaltes morfológicos. Se ha interpretado como depósitos turbidíticos carbonatados en aguas moderadamente profundas (Cooper, 1983). Su contenido faunístico tiene un rango Mioceno Medio-Plioceno, que puede ceñirse al Mioceno Superior por su posición estratigráfica (Díaz de Neira, 2004a)

Unidad de Cortadero. (Uc-1; Uc-2)

La denominación informal Unidad de Cortadero procede de un paraje al norte de Villa Jaragua (Hernández Huerta, 2004a, 2004b). Los principales afloramientos se encuentran en el sector SE de la hoja de La Descubierta, en el flanco meridional del anticlinal de Las Cañitas. Estratigráficamente se sitúa, mediante un contacto transicional, sobre las calizas tableadas de la parte alta de la Fm Neiba superior que pasan progresivamente a la alternancia de margas y margocalizas que caracteriza la base de la Unidad de Cortadero (Fig. 3). Las calizas del techo de la formación forman un resalte de tonos blancos muy característico y continuo a lo largo del pie de la sierra sobre el que se apoyan los depósitos marginales de la cuenca de Enriquillo.

La parte inferior de la unidad (100-150 m) es una alternancia de margas/margocalizas y capas de calcarenitas de hasta 30 cm de espesor. Son *wackestones*-*packestones* y en menor proporción *mudstones*, bioclásticos o peletoidales de foraminíferos, ostrácodos, gasterópodos y bivalvos. Por alteración adquieren tonos amarillentos y se disgregan fácilmente. Las margas son de tonos muy blancos (también amarillentas por alteración) y localmente arenosas.

La parte superior de la unidad (250-300 m), examinada en su localidad tipo del barranco de Cortadero, se caracteriza por la dominancia de calcarenitas laminadas en bancos de 0,5 a 0,8 m de espesor (unidad Uc-1 en Fig. 4) sobre las margas. A techo hay un tramo de 50 m de espesor medio de calizas masivas *wackestones* de tonos rojizos con secciones de foraminíferos planctónicos y bentónicos, ostrácodos, algas y coralaris (unidad Uc-2). Los tramos de calcarenitas laminadas entre margas se interpretan como ciclos de tempestitas en un ambiente de plataforma

externa similar al descrito para la Fm Neiba superior. La caliza masiva con fragmentos de corales del techo de la unidad caracteriza a un medio de plataforma interna y aguas agitadas.

La Unidad de Cortadero contiene microfósiles resedimentados del Eoceno y microfósiles del Mioceno. Una muestra en la hoja de Galván (HH-9066) caracteriza el intervalo Mioceno Superior-Plioceno Inferior (Hernández Huerta, 2004a, 2004b). La edad de la Unidad de Cortadero permite considerarla como un equivalente en el tiempo de la Fm Sombrerito, y muy posiblemente sea correlacionable con la Fm Lemba descrita en la Sierra de Bahoruco a techo de la Fm Barahona (Llinás, 1971)

Mb Barahona

El Mb Barahona o calizas de Barahona de la Fm Sombrerito (Díaz de Neira, 2004b), se ha identificado en los afloramientos al SSE de La Descubierta que se extienden por la hoja de Boca Cachón a lo largo del margen meridional de la Sierra de Neiba. Se distinguen dos tramos. El tramo inferior (>100-150 m de espesor) se inicia por un nivel de calizas arrecifales (4-5 m), seguido de una alternancia de capas decimétricas de calcarenitas, margocalizas y margas de tonos ocres. El tramo superior (>100 m de espesor) está formado por calizas masivas de tonos beige o rojizos con un aspecto carnolar o brechoide característico y por calizas bioclásticas *packstones*, *grainstones* y *rudstones* con coralaris, briozoos, melobesias, gasterópodos, lamelibranquios, rotálidos, lagénidos y ophthalmídeos. Localmente, el contacto entre el tramo inferior y el superior intercala lavas vesiculares, brechas, aglomerados y tobas (Deschamps, 2004). En la hoja de La Descubierta, la unidad está enteramente constituida por el tramo superior y en concreto por la facies de calizas masivas. El medio de depósito se interpreta como una plataforma interna de aguas agitadas con construcciones coralinas. Los fósiles examinados en el tramo superior de caliza son de edad Mioceno (Deschamps, 2004).

Unidad de Majagual

Se ha definido en una sucesión de margas y calcarenitas de tonos blancos característicos cortada en la pista de Las Cañitas a la altura de El Majagual (Fig. 2) y en la ladera oeste del río El Manguito. Es una unidad de escasa continuidad lateral, posiblemente discordante sobre la Fm Neiba (s.l.) (Hernández Huerta, 2004a) formada por margas blancas con intercalacio-

Unidad	Litología	Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	álcal.	Mg#	TAS	(Zr/Sm) _N	(La/Yb) _N	Tipo
Sustrato	Basaltos	HH 9004	49,66	0,95	14,51	9,15	2,36	59,59	basalto	0,88	0,73	MORB/OIT
CVSEA	Basaltos	HH 9061	49,18	2,28	15,29	8,12	4,49	59,57	basalto	1,20	19,91	OIT-OIA
CVSEA	Dacitas-riodacitas	HH 9047	68,09	0,77	15,40	1,39	4,65	43,73	dacita	1,55	44,45	OIT
CVSEA	Andesitas/dacitas	HH 9042	66,14	0,55	16,83	0,71	5,26	22,71	dacita	2,54	29,92	OIT
CVSEA	Lavas andesíticas	HH 9009	65,64	0,52	15,54	0,48	9,38	19,46	dacita	2,76	28,44	OIT

norma CIPW (%wt)	HH		
	HH 9004	9061	HH 9047
Quartz	0	0	29,3
Plagioclase	49,4	52,74	51,8
Orthoclase	0,59	6,32	7,62
Nepheline	0	0	0
Diopside	20,4	12,06	2,26
Hypersthene	20,92	6,15	6,1
Olivine	5,16	14,82	0
Ilmenite	1,84	4,37	1,46
Magnetite	1,64	1,59	0,52
Apatite	0,05	1,99	0,97
Zircon	0,01	0,01	0
Chromite	0,03	0,06	0,03

OIT= oceanic island tholeiite serie; OIA= oceanic island alkaline serie; OIB=oceanic island basalt; MORB=mid-oceanic ridge basalt

Tabla 1. Resultados de análisis geoquímicos de muestras del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y la Unidad de El Manguito
Table 1. El Aguacate Volcanosedimentary Complex and El Manguito Unit geochemical analysis results

nes decimétricas a centimétricas de calcarenitas. El abundante contenido faunístico determina el Mioceno Superior-Plioceno (Hernández Huerta, 2004a). Esta edad y la similitud de facies sugieren su equivalencia con la Unidad de Cortadero y su correlación con la Fm Sombrerito.

Petrología y geoquímica de la Unidad de El Manguito y del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba

Los análisis geoquímicos realizados en diversas litologías del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate de Neiba (lavas e intrusiones sinvolcánicas y clastos procedentes de depósitos piroclásticos-tobas gruesas y bloques-) y en los basaltos de la Unidad de El Manguito, han servido para determinar la diferente signatura geoquímica de estos dos conjuntos, que se corresponden, respectivamente, a basaltos de intraplaca OIB y basaltos oceánicos N-MORB, (Escuder Viruete, 2004) (Tabla 1, relación de muestras y norma CIPW).

Composicionalmente se trata de basaltos y dacitas

relativamente poco a muy fraccionadas (Mg# de 60 a 19,5), con contenidos altos en álcalis (K₂O+Na₂O entre 4,6 y 9,4%), en TiO₂ en las rocas menos fraccionadas (2,28% para Mg# =60) y en P₂O₅, para contenidos bajos en CaO (<10%) y de Al₂O₃ (entre 15 y 17%). Estas características son propias de basaltos emitidos en zonas de intraplaca. Para un Mg# similar, la relación Al₂O₃/TiO₂ y los contenidos en elementos trazas (ver más adelante) permiten separar dos grupos de basaltos en el conjunto, que estratigráficamente corresponden con la Unidad de El Manguito (HH9004) y el propio CVSEA (HH9061). Los primeros presentan valores de Al₂O₃/TiO₂>15 y los segundos <10, diferencias que no se corresponden con procesos de fracciónación del olivino (a similar Mg#) y que sin embargo implican distintas fuentes magmáticas. En un diagrama SiO₂ versus álcalis de Cox *et al.* (1979), las rocas de la Unidad de El Manguito y algunas rocas muy diferenciadas del CVSEA se sitúan en el campo de las series sub-alcálicas. El resto de las muestras del CVSEA se sitúa en el campo de las series alcalinas y próximo a la línea del límite, clasificándose como basaltos (casi hawaitas) y traquitas (Fig. 11). No obstante, los álcalis pueden haberse movilizado por alte-

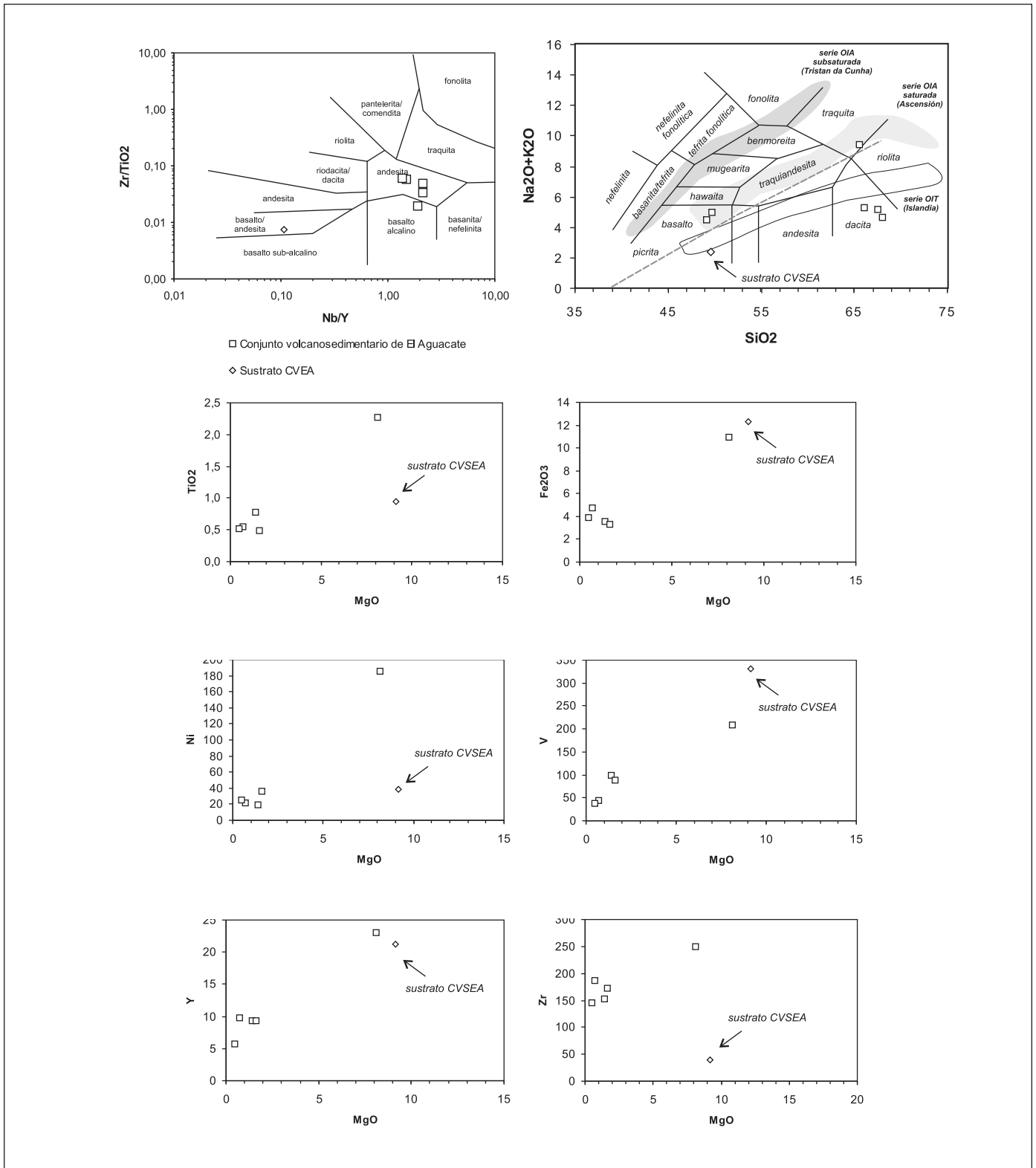


Figure 11. Proyección de las rocas del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y de la Unidad de El Manguito en los diagramas Nb/Y versus Zr/TiO_2 (Winchester y Floyd, 1977), SiO_2 versus álcalis (Cox *et al.*, 1979) y en los diagramas binarios de MgO frente a TiO_2 , Fe_2O_3 , Ni , V , Y y Zr , según Escuder Viruete (2004)
 Figure 11. Projection of El Aguacate Volcanosedimentary Complex and El Manguito Unit rocks in Nb/Y versus Zr/TiO_2 diagrams (Winchester y Floyd, 1977), SiO_2 versus alcalis (Cox *et al.*, 1979) and binary diagrams of MgO versus TiO_2 , Fe_2O_3 , Ni , V , Y and Zr , after Escuder Viruete (2004)

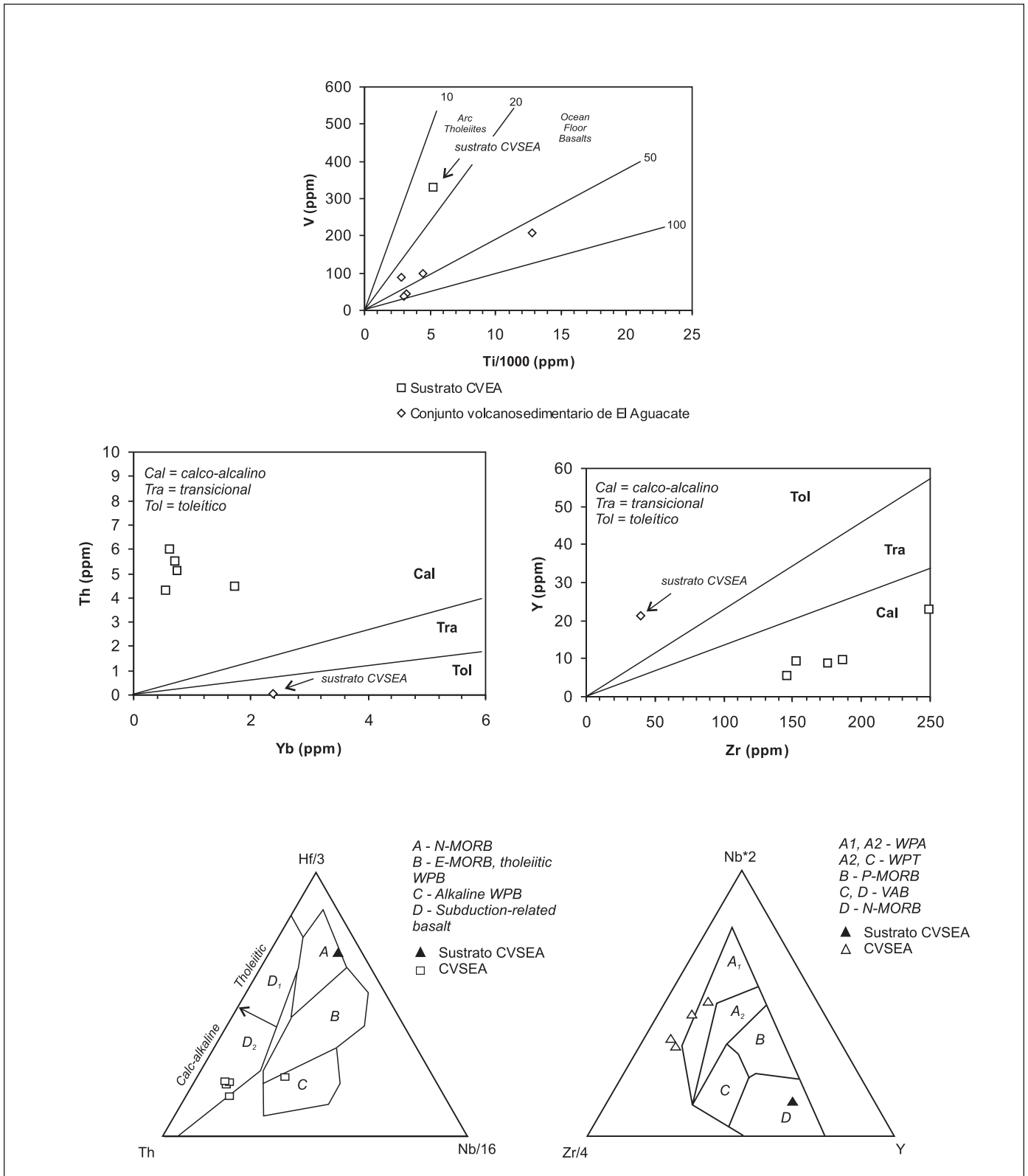


Figura 12. Proyección de las rocas del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y de la Unidad de El Manguito en los diagramas binarios Yb-Th y Zr-Y y diagramas ternarios Hf/3-Th-Nb/16 y Nb*2-Zr/4-Y de Wood (1980), según Escuder Viruete (2004)
 Figure 12. Projection of El Aguacate Volcanosedimentary Complex and El Manguito Unit rocks in Yb-Th, Zr-Y and Nb/Y binary diagrams and Hf/3-Th-Nb/16 and Nb*2-Zr/4-Y ternary diagrams of Wood (1980), after Escuder Viruete (2004)

ración. En el diagrama Nb/Y versus Zr/TiO₂ de Winchester y Floyd (1977) la muestra de la Unidad de El Manguito cae en el campo de los basaltos/andesitas y las muestras del CVSEA en los campos de los basaltos alcalinos y andesitas. Aunque se dispone de pocas muestras, las diferencias entre ambos grupos de rocas son también visibles en los diagramas de variación del MgO frente al TiO₂ y Ni, indicando la fraccionación anterior del olivino y los óxidos Fe-Ti en las rocas del sustrato.

Los términos basálticos son olivino e hiperstena normativos (norma CIPW, Tabla 2) ligeramente subsaturados en cuarzo, aunque no se han obtenido foides en la norma y sí diópsido, magnetita e ilmenita. Estos resultados son consistentes con la presencia en los basaltos del CVSEA de fenocristales de olivino, clinopiroxeno y plagioclasa en variables proporciones y, en algunos casos, de fenocristales de piroxeno pobre en Ca (hiperstena o pigeonita). En el diagrama de Cox *et al.* (1979) se han incluido los rangos composicionales de las series toleíticas de isla oceánica (OIT) de Islandia, alcalina de isla oceánica (OIA) de Ascensión ligeramente sobresaturada en sílice, y la alcalina subsaturada de Tristán de Cunha. Como puede observarse, parte de las muestras estudiadas del CVSEA caen en el campo de la serie OIA de Ascensión, aunque se dispone de muy pocos análisis de los términos básicos e intermedios.

En los diagramas Yb versus Th y Zr versus Y de Barrett y MacLean (1999), las rocas de la Unidad de El Manguito caen en el campo de las toleitas y se diferencian bien de las rocas del CVSEA que caen en el campo calco-alcalino (Fig. 12). La diversidad de magmas muestreados queda también patente en el diagrama triangular de discriminación tectonomagmática Hf/3-Th-Nb/16 de Wood (1980), en el que los basaltos de la Unidad de El Manguito caen en el campo de los N-MORB y las rocas del CVSEA en los campos de basaltos relacionados con subducción, y una muestra, en el campo de los basaltos intraplaca alcalinos. En el diagrama triangular Nb*2-Zr/4-Y de Wood (1980), los basaltos de la Unidad de El Manguito caen en el campo de los N-MORB y las rocas del CVSEA en el campo de los basaltos intraplaca alcalinos (series OIA).

En un diagrama multielemental normalizado frente al manto primordial, los basaltos de la Unidad de El Manguito presentan un patrón análogo al de los basaltos N-MORB para abundancias de HFSE y REE algo menores, y anomalías en el Ba y Sr probablemente relacionadas con la fraccionación de la plagioclasa (Fig. 13). Este patrón es muy distinto al que presentan el resto de las rocas del CVSEA, caracterizado por un fuerte enriquecimiento en ele-

mentos incompatibles LIL (K, Rb, Cs, Ba, Pb y Sr) y de HFSE (Th, U, Ce, Zr, Hf, Nb, Ta y Ti) respecto a N-MORB y muy similar a los basaltos OIB, caracterizados por una componente magmática de pluma mantélica. Los valores de las relaciones Zr/Nb=17 para los basaltos de la Unidad de El Manguito, y <10 para los del CVSEA, así como de otros elementos traza, permite referirlos como a basaltos N-MORB e intraplaca (OIB), respectivamente. En un diagrama multielemental normalizado frente a N-MORB, las rocas del CVSEA presentan un perfil con una fuerte pendiente negativa con un enriquecimiento en LILE y LREE. La ausencia de una anomalía negativa de Nb-

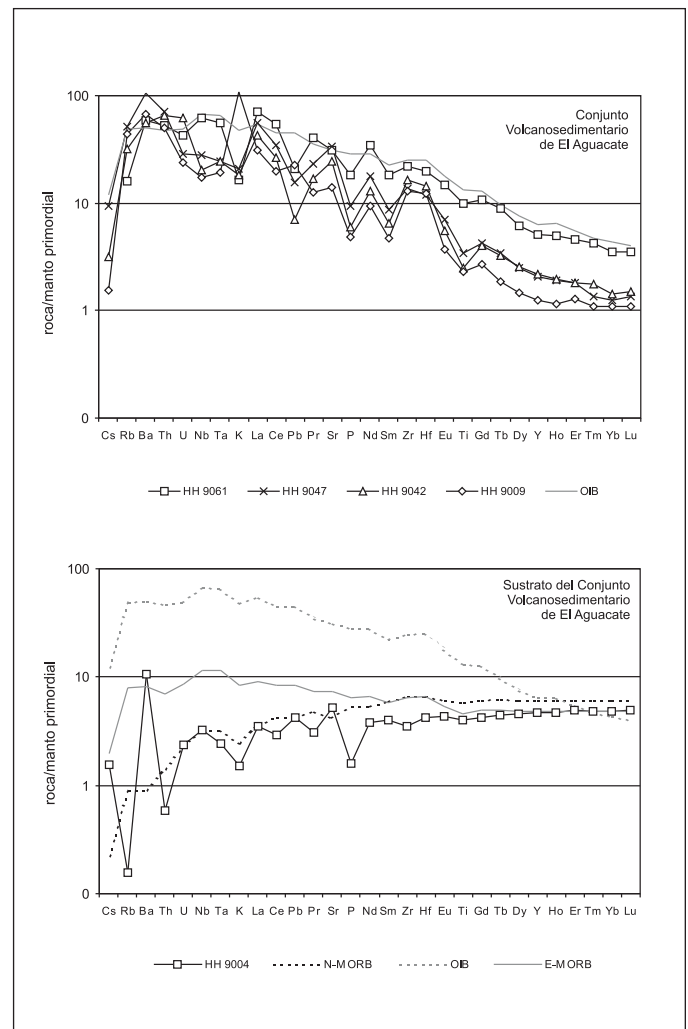


Figura 13. Diagramas multielementales para las rocas del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y de la Unidad de El Manguito, según Escuder Viruete (2004)

Figure 13. Multi-element diagrams for El Aguacate Volcanosedimentary Complex and El Manguito Unit rocks, after Escuder Viruete (2004)

Ta y de un empobrecimiento en HFSE y REE respecto a N-MORB, excluye a todas estas rocas como relacionadas con procesos de subducción.

Análogamente, en un diagrama extendido de REE normalizado respecto al manto primordial, las rocas del CVSEA se caracterizan una pendiente negativa muy fuerte [(La/Yb)_N=20-44 para Mg#>40; (La/Yb)_N=28-30 para Mg#<40], fuerte enriquecimiento en LREE, ligeras anomalías en Ti y Eu, posiblemente relacionadas con la fraccionación de plagioclasa y óxidos Fe-Ti, valores de la relación (Zr/Sm), entre 1,2 y 2,7, y una pendiente negativa en las HREE (Fig. 14). La fraccionación de HREE indica que el granate fue una fase residual en la fuente. La relación La/Yb>30 es también típica de basaltos OIB y de basaltos alcalinos subsaturados.

Consideradas en conjunto, estas características permiten relacionar a las rocas del CVSEA con magmas formados y segregados en una fuente mantélica con granate, profunda y más enriquecida que la de los N-MORB, posiblemente asociada a una pluma magmática que da lugar a su carácter OIB intraplaca (OIA y OIT en función del grado de fusión parcial). Los basaltos de la Unidad de El Manguito presentan un patrón de REE análogo a los N-MORB, pudiendo tratarse tanto del basamento oceánico infrayacente que atraviesan los magmas OIB, como de basaltos formados durante el ascenso de la pluma a partir de un manto empobrecido más superficial.

Conclusiones: la evolución paleogeográfica

La Fig. 15 muestra de forma sintética la evolución paleogeográfica de la zona de estudio y su entorno para el intervalo Cretácico Superior-Mioceno. Durante el Cretácico, en el frente septentrional del arco de islas dominaba un régimen subductivo que en la Cordillera Oriental produjo el depósito de potentes series volcanosedimentarias de antearco (García-Senz, 2004; García-Senz *et al.*, 2007), mientras que en la Cordillera Central tenía lugar la actividad volcánica principal que produjo el depósito de la Fm Tiroe, (Mann *et al.*, 1991a). Los registros más antiguos encontrados en las sierras de Hotte-Selle-Bahoruco (Fm Dumisseau y equivalentes) y en la Unidad de El Manguito de la Sierra de Neiba, sugieren que, durante el mismo período, esta región formaba parte del *plateau* oceánico del Caribe de Pindell y Barret (1990) y Mann *et al.* (1991a) (Fig. 1). Por otra parte, la reciente cartografía de la Cordillera Central revela la presencia, a techo de la sucesión volcánica del Cretácico Superior (Fm Tiroe), de una serie basáltica cuya signatura geoquímica (OIB-basaltos alcalinos intraplaca) la correlaciona con el *plateau* oceánico (Escuder Viruete *et al.*, 2007), en consonancia con la enigmática presencia de los basaltos E-Morb de la Fm Siete

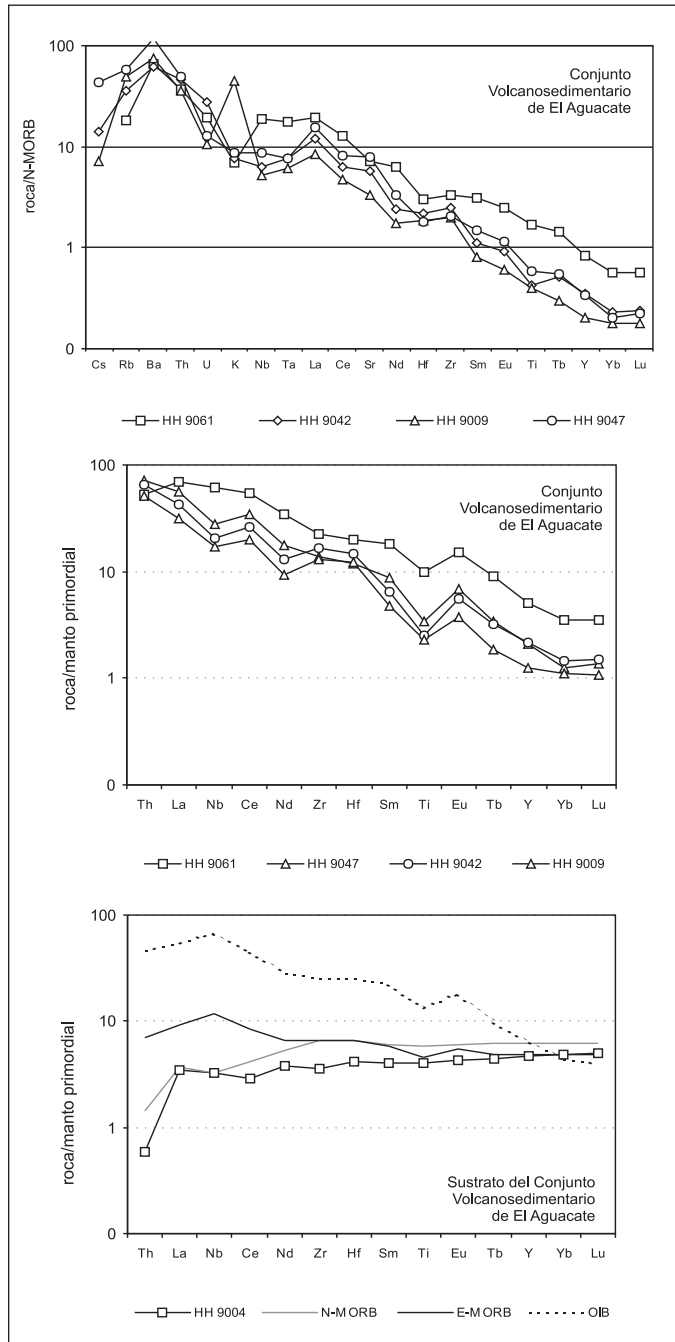


Figura 14. Diagramas extendidos de REE normalizados respecto a N-MORB y al manto primordial para las rocas del Conjunto Volcanosedimentario de El Aguacate y de la Unidad de El Manguito, según Escuder Viruete (2004)
 Figure 14. Extended diagrams of REE normalized with respect to N-MORB and primary mantle for El Aguacate Volcanosedimentary Complex and El Manguito Unit rocks, after Escuder Viruete (2004)

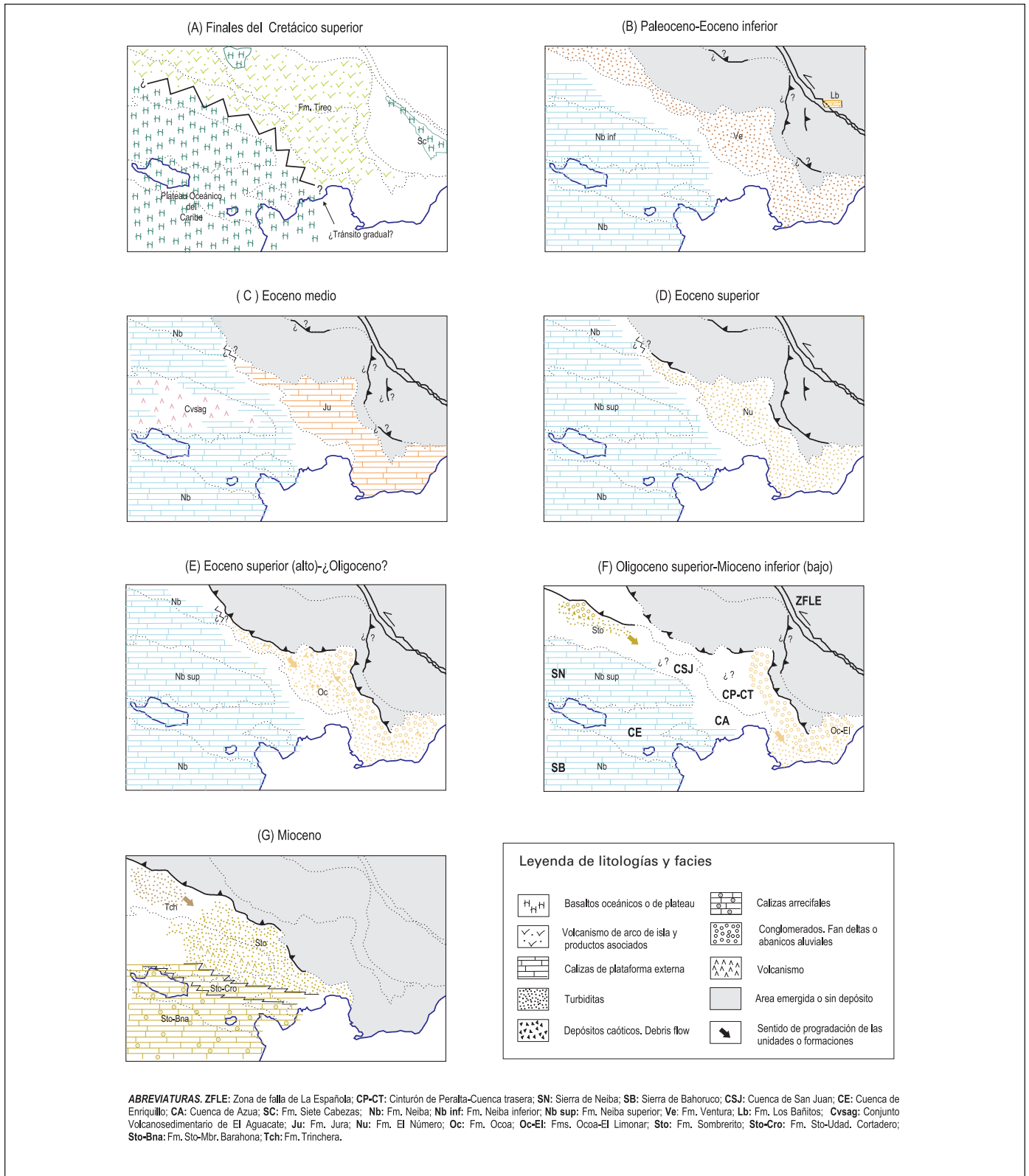


Figura 15. Esquema de evolución paleogeográfica de la región SO de la República Dominicana para el intervalo comprendido entre el Cretácico Superior y finales del Mioceno. Las reconstrucciones no consideran la restauración palinospástica de la deformación tectónica
 Figure 15. Palaeogeographic evolution sketch for the SW region of Dominican Republic from Upper Cretaceous to the end of the Miocene. Reconstructions do not consider palinospastic restoration of tectonic deformation

Cabezas en las proximidades de la zona de falla de La Española (Fig. 15 – A).

Mientras que en sectores más septentrionales se producía el relleno de la cuenca trasera (Cinturón de Peralta) del extinto arco de isla, en la zona de estudio la sedimentación paleógena comenzó posiblemente en el Eoceno Inferior con el depósito de la Fm Neiba (*sensu lato*) y sus equivalentes (Fm Plaisance en la Sierra de Bahoruco y las formaciones Neiba inferior y Neiba brechoide en la Sierra de Neiba) (Fig. 15- B). En el Eoceno Medio, sobre la plataforma carbonatada irrumpió un vulcanismo de signatura toleítica a alcalina (OIT a OIA) de intraplaca asociado al desarrollo de una pluma mantélica (Fig. 15- C). Tras este período, la Fm Neiba superior se depositó en una cuenca pelágica carbonatada aún más extensa, que se prolongaba hacia el norte hasta los dominios del Cinturón de Peralta (Fig. 15 – D y E).

La propagación hacia el sur del cabalgamiento frontal del Cinturón de Peralta durante el Oligoceno y Mioceno produjo el surco flexural donde se depositó la Fm Sombrerito (Fig. 15 -F). En los sectores septentrionales más próximos al frente activo se depositaron potentes acumulaciones de turbiditas de llanura submarina, mientras que en los sectores meridionales se depositó la extensa plataforma de carbonatos de la Fm Barahona y la Unidad de Cortadero (Fig. 15 F y G).

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección General de Minería de la República Dominicana y a la Unidad Técnica de Gestión del programa SYSMIN y su director Javier Montes, su colaboración en el desarrollo del programa SYSMIN de Cartografía Geotemática y las facilidades dadas para publicar los datos que se presentan en este trabajo. Se agradece igualmente las aportaciones económicas del IGME sin las cuales no hubiera sido posible la edición de este número monográfico. Las revisiones constructivas de E. Díaz y F. Colombo han enriquecido el manuscrito original. Ricardo Sendra Ron colaboró en la preparación de algunas figuras y en la revisión formal del manuscrito.

Referencias

Ardévol, L.I. 2004. *Informe Sedimentológico del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana*. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 66 pp.

- Arick, M.B. 1940a. *Report on the geology of Hispaniola*. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12 pp.
- Arick, M.B. 1940b. *Dominican Seaboard Oil Company, Inc.; Annual report of Geological Department*. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 34 pp.
- Barrett, T.J. y McLean, W.H. 1999. Volcanic sequences, litho-geochemistry, and hydrothermal alteration in some bimodal volcanic-associated massive sulfide systems. En: Barrie, C.T. y Hannington, M.D. (Eds.), *Volcanic-associated massive sulfide deposits: processes and examples in modern and ancient settings*. Reviews in Economic Geology, 8, 101-131.
- Bellon, H., Vila, J.M. y Mercier de Lepinay, B. 1985. Chronologie ^{40}K - ^{39}Ar et affinités geoquímiques des manifestations magmatiques au Crétacé et au Paleogene dans l'Île d'Hispaniola. En: *Geodynamique des Caribes*, Editions Technip, 12-24.
- Bermúdez, P.J. 1949: *Tertiary smaller foraminifera of the Dominican Republic*. Cushman Laboratory for Foraminiferal Research Special Publication, 25, 322 pp.
- Bourgeois, J., R., Tavares, I. y Vila, J.M. 1979. L'Eocene à blocs d'Ocoa (Republique Dominicaine, Grandes Antilles); Témoin d'une Tectonique tangentielle a vergence sud dans l'île d'Hispaniola. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, 759-764.
- Breuner, T.A. 1985. *The Geology of the eastern Sierra de Neiba*. MSc Thesis. George Washington University. 120 pp.
- Cepek, P. 1991. *Catálogo Paleontológico de la República Dominicana*. Dirección General de Minería. (Inédito).
- Cooper, C. 1983. *Geology of the Fondo Negro region, Dominican Republic*. MSc. Thesis, State University of New York, Albany, 145 pp.
- Cox, K.G., Bell, J.D. y Pankhurst, R.J. 1979. *The interpretation of Igneous rocks*, George Allen and Unwin, London.
- Deschamps, I. 2004. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 5871-IV (Boca Cachón) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 135 p.
- Díaz de Neira, J.A. 2004a. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 5971-I (Villarparando) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 103 p.
- Díaz de Neira, J.A. 2004b. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 5970-I (Barahona) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 103 p.
- Dirección General de Minería (DGM) y Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); Cooperación Minera Dominico-Alemana. 1991. *Mapa Geológico de la República Dominicana Escala 1:250.000*.
- Dohm, C.F. 1941. *The geology of the Azua-Enriquillo Basin areas covered by Aerial Mosaics n° 7, 14 and 15. Dominican Republic*. Santo Domingo Office n° 15, Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company, 17 pp.
- Dohm, C.F. 1942. *A geological report of the cerros de Sal, Valle Enriquillo- Dominican Republic describing mosaic Areas nos. 1 and 2*. Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company, 17 pp.

- Escuder Viruete, J. 2004. *Informe de Petrología y Geoquímica de las Rocas Igneas y Metamórficas del Proyecto L (Zonas Este y Suroeste) de Cartografía Geotemática de la República Dominicana*. Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 76 pp.
- Escuder Viruete, J., Contreras, F., Joubert, M., Urien, P., Stein, G., Lopera, E., Weis, D., Ullrich, T. y Pérez-Estaún A. 2007. La secuencia magmática del Jurásico Superior-Cretácico Superior de la Cordillera Central, República Dominicana. En: Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E. y Joubert, M. (Eds.), *La Geología de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero*, 118, 243-267
- Friedman, R. 2004. *Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método U/Pb en los proyectos K y L de Cartografía Geotemática de la República Dominicana*. (Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research Earth and Ocean Sciences Department, Universidad de British Columbia, Alberta, Canadá). Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo. 10 pp.
- García, E. y Harms, F. 1988. *Informe del Mapa Geológico de la República Dominicana escala 1:100.000 San Juan (4972)*. Santo Domingo, 97 pp.
- García-Senz, J. 2004. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 6372-III (Hato Mayor) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 115 p.
- García-Senz, J., Monthel, J., Díaz de Neira, J.A., Hernaiz Huerta, P.P., Calvo, J.P. y Escuder Viruete, J. 2007. Estratigrafía del Cretácico Superior de la Cordillera Oriental (República Dominicana). En: Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E. y Joubert, M. (Eds.), *La Geología de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero*, 118, 2, 269-292.
- Hernaiz Huerta, P.P. 2004a. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 5971-IV (Galván) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 148 p.
- Hernaiz Huerta, P.P. 2004b. *Mapa Geológico de la hoja a E. 1:50.000 n° 5871-I (La Descubierta) y Memoria correspondiente*. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 142 p.
- Hernaiz Huerta, P.P., Díaz de Neira, J.A., García-Senz, J., Deschamps, I., Genna, A., Nicole, N., Lopera, E., Escuder Viruete, J., Ardévol Oro, Ll. y Pérez Estaún, A. 2007. La estructura del suroeste de la República Dominicana: un ejemplo de deformación en régimen transpresivo. En: Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E. y Joubert, M. (Eds.), *La Geología de la República Dominicana. Boletín Geológico y Minero*, 118, 2, 293-312.
- Llinás, R.A. 1971. *Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, República Dominicana*. Tesis Doctoral. Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de ingeniería, 83 pp.
- Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F. 1991a. An overview of the geologic and tectonic development of Española. En: Mann, P., Draper, G., y Lewis, J.F. (Eds.), *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262, 1-28.
- Mann, P., Lebrón, M., Rodríguez, J. y Heubeck, C. 1991b. Geologic maps of the southern Dominican Republic. En: Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F. (Eds.), *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262. Plates 4a, 4b, and 4c, scale: 1:150.000.
- Mann, P., McLaughlin Jr., P.P., van den Bold, W.A., Lawrence, S. R. y Lamar, M. E. 1999. Tectonic and eustatic controls on Neogene evaporitic and siliclastic deposition in the Enriquillo Basin, Dominican Republic. En: Mann, P. (Ed.), *Caribbean Basins. Sedimentary Basins of the World*, 4 (Series Editor: K.J. Hsü), 287- 342.
- Norconsult 1983. *Dominican Republic Petroleum Exploration Appraisal*. Report for Dirección General de Minería, Santo Domingo, 80 pp.
- Pindell, J. L. y Barrett, S. F. 1990. Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo G. y Case J.E. (Eds.), *The Caribbean, Volume H, Decade of North American Geology*. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.
- Ullrich, T. 2004. *Informe de las dataciones absolutas realizadas por el método Ar/Ar en los proyectos K y L de Cartografía Geotemática de la República Dominicana* (Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research Earth and Ocean Sciences Department, Universidad de British Columbia, Alberta, Canadá). Programa SYSMIN. Dirección General de Minería, Santo Domingo, 100 pp
- Vaughan, T.W., Cooke, W., Condit, D.D., Ross, C.P., Woodring, W.P. y Calkins F.C. 1921. *A Geological Reconnaissance of the Dominican Republic*. En: Colección de Cultura Dominicana de la Sociedad Dominicana de Bibliófilos (Editora de Santo Domingo). Santo Domingo, 18 (1983), 268 pp.
- Wallace, M.H. 1947. *A review of the stratigraphy of the Enriquillo basin, Dominican Republic*, Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12 p.
- Winchester J.A. y Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Wood, D.A. 1980. The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50, 11-30.

Recibido: mayo 2006

Aceptado: diciembre 2007