



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL

REPÚBLICA DOMINICANA

**MAPA GEOLÓGICO  
DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**ESCALA 1:50.000**

**HATILLO**

**(6172-I)**

**Santo Domingo, R.D., Enero 2000**

## **O.- RESUMEN**

La Hoja de Hatillo se encuentra situada al NE de la Cordillera Central y a unos 100 km al NNO de la Capital. La localidad de Hatillo que da nombre a la Hoja se sitúa en el extremo NO y su acceso se realiza a través de la autopista Duarte tomando el desvío en Piedras Blancas hacia el E.

Las mayores alturas de la Hoja se encuentran en sus extremos , así en el NE se levanta la Loma de La Naviza; al NO, la Loma de La Cuaba; al SO la Loma de Las Cabirmas; y por último en el cuadrante SE los relieves de menor entidad de Loma Los Cambrones, La Gallina y La Machorra. El sector centro-norte está ocupado por depósitos cuaternarios que cubren la depresión de Zambrana.

En el sector NO de la Hoja, en la falda sur de la Loma de La Cuaba, se sitúa la mina de oro de la compañía Rosario Dominicana. Estos depósitos minerales aparecen relacionados con la Formación Los Ranchos que ocupa una gran parte de la mitad norte de la Hoja.

En el sector SO de la Hoja aparecen las formaciones Loma Caribe, Peralvillo, Los Bañitos y Maimón, todas ellas con una marcada estructura NO-SE. Concretamente los esquistos de Maimón muestran una acusada vergencia hacia el NE y cabalgan a la Caliza de Hatillo , y a la Formación Las Lagunas. Por último, en el sector SE, aparece la Formación Don Juan de edad Paleógeno, intruida a su vez por rocas ígneas de tipo diorítico. Estas intrusiones dioríticas aparecen también diseminadas como pequeños cuerpos o “apuntamientos” dentro de la Formación Maimón.

## **ABSTRACT**

The Sheet of Hatillo is situated in the northeastern part of the Cordillera Central, approximately 100 Km away from the Capital to the NNW. The territory of the Sheet is reached through Duattés motorway leaving to Piedras Blancas towards the East.

The highest altitudes of the Sheet are located at its extremes, thus, the Loma de la Naviza raises to the NE, the Loma de la Cuaba to the NO, the Loma de Las Cabismas to the SO, and finally the minor relieves of the Loma de Los Cambrones, La Gallina and La Machorra. The northern central part is occupied by the Quaternary deposits that fill the basin of Zambrana.

In the NW part of the Sheet at the south slope of the Loma La Cauba is the gold mine of Rosario Dominicana. These are deposits apperar into Los Ranchos Formation which occupies most of the northern half area of the Sheet.

Loma Caribe, Peralvillo, Los Bañitos y Maimón Formations appear with a significant NO-SE structure at the south-west side of the Sheet. Specifically the Maimón schists show a strong NE vergence and over thrust the limestones of Hatillo Foramtion and Las Lagunas Formation.

Finally, in the Southeast the Paleogene Don Juan Formation appear with instusions of igneous rocks of diorite type. These dioritic intrusions are disseminated as small bodies within the Maimón Formation.



## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- Naturaleza y metodología del trabajo**

Debido al carácter incompleto de la cartografía existente de la República Dominicana, la Secretaría de Estado de Industria y Comercio, a través del Servicio Geológico Nacional (SGN), ha establecido la política de completar el levantamiento geológico y minero del país. A tal fin, el consorcio integrado por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), Informes y Proyectos S.A. (INYPSA) y PROINTEC S.A. ha realizado, bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN), el Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana incluido en el Programa SYSMIN, financiado por la Unión Europea.

Este trabajo tiene como finalidad la realización de la cartografía, a escala 1:50.000 de doce Hojas previamente establecidas. Estas son las que componen los cuadrantes a escala 1:100.000 de Bonao (Hatillo, 6172-I; Villa Altagracia, 6172-II; Arroyo Caña, 6172-III; y Bonao, 6172-IV), Constanza (Constanza, 6072-I; Sabana Quéliz, 6072-II; Padre las Casas, 6072-III; Gajo de Monte, 6072-IV), Azua (San José de Ocoa, 6071-I; Azua, 6071-II; Pueblo Viejo, 6071-III; Yayas de Viajama, 6071-IV). La cartografía de estas Hojas va acompañada de su correspondiente memoria. Tanto las cartografías como las memorias deben adaptarse a una normativa previamente emitida por la Dirección General de Minas de la República Dominicana. El objetivo final sería tener una infraestructura de cartografía geológica integrada y formalmente homogénea del País. Para la realización de este proyecto, se creó un consorcio entre el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), PROINTEC S.A, e Informes y Proyectos (INYPSA)

La metodología del trabajo ha sido; en primer lugar la recopilación de trabajos y cartografías disponibles, y su posterior estudio. Siguió la adquisición de fotografías aéreas a escala 1:20.000 del año 1966, y las existentes de algunas áreas a escala 1:40.000 del año 1984.. Se dispuso también, de fotocopias de la foto aérea a escala 1:60.000 del año 1958, así como de imágenes de satélite Spot P, Landsat TM, y SAR. Realizada la fotointerpretación del área cubierta por cada Hoja, se inicia el trabajo de campo, que es alternado con el de gabinete, finalizado el cual se presenta una cartografía provisional de la Hoja correspondiente. Durante el trabajo de campo se lleva a

cabo una toma de muestras, que son posteriormente estudiadas, quedando situadas en el correspondiente plano. Los estudios realizados a las muestras han sido de petrografía, micropaleontología, análisis químicos, y algunas dataciones absolutas. Finalizada la cartografía, se inicia la redacción de las memorias.

## **1.2.-Situación y características geográficas**

La Hoja a escala 1:50.000 de Hatillo (6172-I), se sitúa en la parte oriental de la Cordillera Central, parte centro-oriental de la República Dominicana (Fig. 1.2.1.). El área de la Hoja pertenece a tres provincias; la parte meridional pertenece a la provincia de Sánchez Ramírez, la parte central y septentrional a la provincia de San Cristóbal, y una pequeña superficie, en la parte suroccidental de la Hoja, es ocupada por la provincia de La Vega.

La morfología es accidentada, con fuertes pendientes, siendo las diferencias de cotas en la parte norte desde los 680m. de la Loma Naviza y los 577m. de Loma la Cuaba, y el río Yuna con una cota inferior a 100m. Por la parte sur, la mayor cota se localiza en el borde suroccidental de la Hoja en la Loma las Cabirmás con más de 700 m. de cota, siendo la más baja el cauce del Ozama con menos de 100m. Los rasgos morfológicos más señalados son; por el norte las dos formás cónicas de la Loma la Cuaba y la Loma Naviza, entre éstas se encuentra la depresión de Zambrana, por donde corre el río Majuaca que con sus afluentes produce incisiones (valles) en dicha llanura. La mitad meridional presenta una mayor irregularidad en su morfología, reflejo de mayor variedad litológica y estructural.

Las aguas que caen en el tercio meridional de la Hoja, son drenadas por el río Ozama que lleva sus aguas hacia el sur, desembocando en la capital Santo Domingo. El Yuna por el Oeste y el río Majuaca (afluente del Yuna) drenan hacia el norte los dos tercios restantes de la superficie de la Hoja. La cerrada del embalse de Hatillo, situada en la Hoja de Cotuí, al norte de ésta, da lugar a la inundación de las partes bajas en la parte noroccidental de la Hoja.

La población se encuentra distribuida por toda la Hoja, principalmente en las llanuras de las partes bajas. La carretera de Maimón

a Cotuí, es la vía principal de la zona, siendo relativamente alto el número de pistas existentes.

En el cuadrante noroccidental se encuentra la mina Rosario Dominicana, que beneficia sulfuros complejos, entre cuyos elementos principales se encuentra el oro, con

leyes rentables entre 4 y 8 p. p.m. Las actividades mineras se iniciaron en la década de los sesenta, siguiendo activas en la actualidad (1997). El yacimiento corresponde a un modelo de maar-diatrema, cuya actividad hidrotermal póstuma dio lugar a la mineralización de sulfuros complejos, que se localizan en fisuras, grietas y en la roca alterada por el hidrotermalismo, tanto en los sedimentos del maar como en la roca volcánica.

Tanto esta mina como la situada en la vecina Hoja de Bonaó que extrae níquel, han tenido gran importancia en la economía del País, habiendo perdido importancia con la bajada de los precios de las materias primas y con el mayor desarrollo y nuevas actividades productivas del País.

### **1.3.- Antecedentes bibliográficos**

El interés minero de la zona hace presuponer que los primeros estudios se remontan a la época del descubrimiento de América. Pero es en la segunda mitad del siglo XIX y primera mitad del siglo XX cuando se realizan trabajos sistemáticos de geología. Así, Gabb (1881), Vaughan at.al. (1921), y Weyl (1941) hacen a lo largo de las principales carreteras y pistas, estudios geológicos, pero no son plasmados en cartografías amplias, siendo muy escasos los datos en los terrenos preterciarios. Schomburgk (1853) y Brinsmade (1918) describen los depósitos de hierro de Hatillo. Bermúdez (1949) lleva a cabo un estudio extensivo sobre la fauna fósil de los terrenos terciarios.

En la segunda mitad del siglo XX, al resurgir con fuerza las ideas sobre tectónica de placas, adquiere una gran importancia a

nivel teórico los arcos islas y los fondos marinos circundantes. Koschmann y Gordon (1950) presentan el primer trabajo con un mapa de la región. Es sin embargo el trabajo de Bowin (1960-1966) el que presenta una cartografía de la región central, diferenciando formaciones cuyas denominaciones han llegado a nuestros días. Palmer (1963) presenta una tesis doctoral en la continuidad septentrional del área estudiada por Bowin, ya fuera de este trabajo. Boisseau (1987) realiza una tesis doctoral con numerosas observaciones en las formaciones de esta Hoja. Mercier de Lepinay (1987) hace un estudio geográficamente muy amplio, utilizando para esta zona los estudios de Boisseau. El Servicio Geológico Nacional elaboró el Léxico Estratigráfico Nacional (1985), con objeto de integrar los diferentes nombres dados a las formaciones en los distintos trabajos.

Como cartografías geológicas de síntesis se ha de citar la elaborada a escala 1:250.000 de toda la República Dominicana, por el Servicio Geológico Nacional y el Instituto Cartográfico Universitario en colaboración con la Misión Alemana (SGN-BGR, 1991). La Sociedad Geológica de América (1991), ha publicado un número especial dedicado a la recopilación de los trabajos geológicos más significativos y recientes sobre La Española, siendo sus editores P.Mann, G.Draper y J.F. Lewis. Esta recopilación adjunta una cartografía de síntesis en la que queda incluida la mitad occidental de la Hoja. Entre los trabajos, incluidos que inciden de forma directa en esta Hoja están: "Cinturones Metamórficos en la parte central de la Hispaniola" G.Draper y J.F.Lewis.. "Geología de la Formación Maimón. República Dominicana" Kesler et al. (1991b).. "Geología y Geoquímica de la Formación los Ranchos del Cretácico inferior". Kesler et al.(1991a).. "Geología del complejo maar-diatrema de Pueblo Viejo que contiene mineralización de metales preciosos" Russell et al.(1991).. "Edad de las Rocas Intrusivas en la parte septentrional de la Hispaniola" Kesler et al.(1991c).

Más recientemente hay que destacar los trabajos de Draper et al. (1995 y 1996) y Draper y Gutiérrez (1997) (Fig. 1.3.1.) que, con criterios estructurales modernos, definen en sectores próximos al Este la estructura de los Esquistos de Maimón como una zona de cizalla y proponen un nuevo modelo evolutivo para la región; o los de Lapierre et al. (1997 y 1999) y Sinton et al. (1997) que aportan nuevas conclusiones, con implicaciones geodinámicas, sobre las características geoquímicas y las dataciones de las Formaciones Duarte y Siete Cabezas, respectivamente.



## **2.- ESTRATIGRAFÍA Y PETROGRAFÍA**

En la Hoja de Hatillo afloran materiales volcánicos, presentándose en forma de lavas y piroclastos; rocas ígneas cristalinas como tonalitas, dioritas y peridotitas; rocas metamórficas y tectonitas como esquistos y milonitas; y rocas sedimentarias como calizas, conglomerados, areniscas, limos y arcillas.

Desde el noreste de la Hoja hasta el cabalgamiento de Hatillo, en dirección suroeste, tenemos una secuencia ascendente, que va desde la Formación Los Ranchos, de edad Cretácico Inferior, que presenta un vulcanismo con materiales ácidos y básicos, representados básicamente por espilitas y queratófidos, por lo que la geoquímica del  $\text{SiO}_2$  presenta una distribución bimodal, típica de los arcos isla. Sobre ella se apoya la caliza arrecifal de la formación Hatillo (Aptano-Albano). En continuidad se presentan areniscas, limolitas y calizas detríticas de color gris-oscuro, de la denominada Formación Las Lagunas (Cretácico Superior). En discordancia, se apoya mediante un conglomerado la formación Don Juan con areniscas, limolitas, conglomerados y calizas de edad Maastrichtiano superior-Paleoceno.

En el cuadrante suroccidental de la Hoja, y con una alineación NO-SE se encuentran las rocas metamórficas y la banda milonítica de la Formación Maimón (Cretácico inferior), que cabalga las formaciones anteriores. Apoyada en discordancia, sobre los esquistos de la Formación Maimón, se encuentra la Formación Los Bañitos (Eoceno inferior) con tobas, conglomerados, areniscas y calizas. Hacia el Sureste, en contacto por falla con los esquistos se encuentra la Formación Peralvillo Sur, sin esquistosidad, con basaltos y “cherts” (Cretácico Superior). En el extremo suroccidental se encuentra la peridotita de la Formación Loma Caribe.

### **2.1.- Jurásico**

2.1.1.- Formación Loma Caribe (1). Peridotita (harzburgita-lherzolita, localmente serpentinizadas) y dunitas

Esta formación, en la Isla se extiende desde el pueblo de La Vega hasta las proximidades de Santo Domingo, e incluso parece tener continuidad con las peridotitas de la vecina isla de Cuba.

Bowin (1966), fue el primero en cartografiar esta alineación de peridotitas, que incluyó como eje del denominado por él, Cinturón Metamórfico Central. Lewis (1980) las considera como una ofiolita desmembrada. Para Theyer (1983), es un manto ofiolítico alóctono, cuya obducción se produjo hacia el sur a finales del Oligoceno y/o durante el Mioceno. Boisseau (1987), y Mercier de Lepinay (1987), asocian las peridotitas a las Formaciones Siete Cabezas y Peralvillo como parte integrante del complejo ofiolítico, y le atribuyen una edad Cretácico superior. Su desplazamiento sería hacia el norte, emplazándose en el Maastrichtiano. Draper y Lewis (1991) sugieren una interpretación similar a la de Boisseau (1987), aunque en este caso el conjunto ofiolítico se habría formado en una cuenca de trasera de arco, y cuyo cierre habría dado lugar al metamorfismo de las rocas del cinturón metamórfico. Hipótesis esta última considerada muy plausible. Finalmente, Draper et al. (1995 y 1996), y Draper y Gutiérrez (1997) proponen la asociación peridotita - Complejo Duarte, y la hacen cabalgar hacia el norte sobre los esquistos de Maimón produciendo la banda milonítica de la Formación Maimón. Cualquier modelo debe de tener en cuenta los datos del mapa aeromagnético, en el que se observa una fuerte anomalía positiva, que sugiere un enraizamiento en profundidad de la peridotita.

La edad de esta unidad, que se considera un complejo ofiolítico, está en relación de cuando se considere se produjo la formación de este *rift*. Si consideramos este *rift* formando parte del Complejo Duarte, sería de una edad semejante a él, y por tanto éste sería de edad Jurásico. Si por el contrario este complejo ofiolítico lo consideramos como un *rift* de trasera de arco, asociado con el final de la evolución del primer arco isla (Formación los Ranchos), el inicio de la formación del complejo ofiolítico de las peridotitas tendría una edad similar a las Calizas de Hatillo (Aptiano -Albiano), y consecuentemente las formaciones Peralvillo Sur y Complejo Río Verde (en parte) posiblemente serían de esta edad o superior.

Los contactos de la peridotita, son siempre con la Fm. Peralvillo por la parte noreste, y con la Fm. Siete Cabezas por el suroeste (fuera de esta Hoja). Estos contactos pueden considerarse mecánicos, y están bastante verticalizados. De observarse buzamiento en los planos de falla, serían en el flanco noreste hacia el suroeste, y en el flanco suroeste hacia el noreste, como si en la parte central de la

banda peridotítica estuviese el plano de simetría de los planos de falla, siendo estos conjugados.

En algunos puntos, se observa en los contactos con las formaciones adyacentes antes mencionadas, contactos milonitizados. Uno de estos puntos, se encuentra al Este del río Maimón y de la carretera de Piedra Blanca a Maimón, al Sur-Este del paraje El Cinco (Hoja de Bonaó), en donde se observa, en el contacto entre la peridotita y la Formación Siete Cabezas una banda milonítica de pequeña anchura con cuarzos acintados, que se interpreta como la puesta en contacto entre ambas formaciones mediante una cizalla.

En la peridotita, principalmente en las proximidades a los contactos con las formaciones adyacentes (Peralvillo Sur y Siete Cabezas), se observan diques de diabasas, incluso dentro de la peridotita, y en continuidad, en esta Hoja, se encuentran también gabros. Las peridotitas, en general, son harzburgitas, lherzolitas y westerita con un porcentaje variable de serpentización. Los minerales más frecuentes son, ortopiroxeno, olivino, clinopiroxeno, espinela, y opacos en pequeña cantidad.

La parte alta de la peridotita, en sentido morfológico, está meteorizada, siendo esta parte la que es susceptible de explotación económica del níquel, alcanzando esta alteración una profundidad media de 7m., estando la roca sin meteorizar de ahí para abajo.

## **2.2.- Cretácico inferior**

### 2.2.1.- Formación Maimón. (2) Rocas volcánicas y volcanosedimentarias, predominantemente ácidas, con esquistosidad y bandas miloníticas

Esta Formación se presenta, como una banda alargada de dirección NO-SE, situada en el oeste de la Cordillera Oriental. Desde el punto de vista litológico, esta unidad consiste en un conjunto de rocas esquistosas, predominantemente volcánicas con intercalaciones sedimentarias, que presentan un grado variable de deformación y metamorfismo. Todas estas rocas presentan alta la relación Fe/Mg, y muy bajo el contenido en potasio (K). Junto con los esquistos denominados de Amina, formación equivalente situada al NO, los esquistos

de Maimón forman el flanco septentrional del Cinturón Metamórfico Intermedio (Bowin,1960,1966).

Debe su nombre (por el pueblo de Maimón situado en esta Hoja) y primera cartografía a Bowin (1960,1966). Mercier de Lepinay (1987) y Boisseau (1987) interpretan esta Formación, conjuntamente con la formación Duarte, como parte integrante del basamento metamórfico de la Isla. Kesler et al. (1991) basándose en afinidades geoquímicas, propone la correlación de los esquistos de Maimón con la formación Los Ranchos de edad Cretácico inferior, y hace una cartografía litológica. Draper y Lewis (1991) interpretan los esquistos de Amina-Maimón como los primeros depósitos de arco-isla de La Española, desarrollados sobre un sustrato de corteza oceánica, correspondiente al Complejo Duarte. Draper et al. (1995,1996) y Draper y Gutiérrez (1997) consideran una banda de milonitas que representa una zona de cizalla en esta Formación. Así pues en la cartografía de esta Formación, se ha diferenciado un conjunto litológico milonítico situado al SO de la Formación Maimón, que se identifica con una zona de cizalla dúctil, y condiciones metamórficas de la facies de los esquistos verdes. En la cartografía se ha diferenciado por una trama sobreimpuesta al color, y separado del otro conjunto litológico por un cabalgamiento. El otro conjunto litológico, se encuentra deformado y en facies de prehnita-pumpellita y con diferentes grados de esquistosidad. La esquistosidad principal presenta un buzamiento hacia el SO generalmente superior a los 40°, está definida en estas rocas, por delgados niveles lentejonares de cuarzo policristalino (*ribbons*), que muestran una extensiva cristalización dinámica. La Lp (lineación principal), definida por la alineación de anfíboles y *ribbons* de cuarzo, sobre la Sp (esquistosidad principal) presenta ángulos de inmersión de medios a moderados generalmente hacia el S-SE. Asimismo este carácter no coaxial, se pone de manifiesto a la mesoescala por la presencia de numerosos pliegues en vaina. Todos los indicadores cinemáticos parecen indicar un sentido de movimiento del bloque de techo hacia el N/NNE. Draper y Gutiérrez (1997).

En esta Hoja se ha diferenciado una banda meridional, adyacente a la Formación Peralvillo Sur, representada por una milonita de falla. El contacto entre esta milonita y la roca original más o menos deformada, se observa nítidamente, en la vecina Hoja de Bonaó, al norte del río Yuna, en la Loma la Yautía. Esta milonita de falla parece corresponder a un cabalgamiento hacia el NE, en condiciones de P-T dúctil-frágil, Draper y Gutiérrez (1997). La mejor observación de esta roca milonítica, y de sus indicadores de movimiento, se encuentra en el río Ozama (Hoja de Hatillo). La milonita, presenta un tamaño de grano arena, y es muy difícil reconocer su protolito. Por

el contrario, en las rocas de la Formación Maimón no miloníticas, aunque deformadas, es fácil reconocer su origen, que generalmente es volcano-plutónico, y frecuentemente de carácter químico, de intermedio a ácido. Esta Formación correspondería al arco-isla primitivo.

La Formación Maimón se encuentra intruída por cuerpos dioríticos de tamaño pequeño (algunas centenas de m<sup>2</sup>), a grandes (algunos Km<sup>2</sup>).

### 2.2.2.- Formación Peralvillo Norte (nom. nov.) (3) Tobas y coladas predominantemente andesíticas.

Bowin (1966), incluye bajo la denominación de Formación Peralvillo, una banda de rocas volcánicas sin metamorfismo, alineadas con la dirección de la esquistosidad de la Formación Maimón, y situadas tanto al noreste como al suroeste de dicha Formación. En este trabajo, se ha diferenciado la banda situada al noreste de la Formación Maimón, que aquí denominamos Peralvillo Norte, de la banda situada al suroeste, que denominamos Peralvillo Sur. Consideramos en este epígrafe la banda situada al noreste, que llamamos Peralvillo Norte.

Se han reconocido tres tipos de rocas volcánicas: a) tobas finas y groseras, tobas de lapilli, y rocas volcánicas afaníticas o microporfídicas; b) brechas piroclásticas, cuyos principales constituyentes son los fragmentos de vidrios volcánicos. Estas rocas están muy fracturadas y tienen un pequeño desarrollo de foliación debido a cizallas. También presentan desarrollo de pequeños granos de clorita. Los fragmentos de rocas, en estas rocas foliadas, tienden a estar elongados paralelos a la foliación; c) Las coladas volcánicas son frecuentes, y generalmente tienen microcristales de piroxeno. Son andesitas proxénicas.

La edad de esta formación no es bien conocida. Bowin,(1966) la considera yaciendo en discordancia sobre la Formación Maimón, en este trabajo se la considera como tránsito lateral y parte superior de la Formación Maimón. Es decir es considerada como parte (posiblemente parte superior) del arco isla primitivo de la Formación Maimón. Encontrándose menos afectada por la esquistosidad

penetrativa al estar alejada hacia el Este, de la fuerte deformación tectónica causante de la milonita de falla que se localiza en la Formación Maimón.

La relación de esta Formación con las otras unidades litoestratigráficas, es tectónica. Por el Oeste, se encuentra afectada por el Cabalgamiento de Hatillo; cabalgando la Formación Maimón con esquistosidad penetrativa, sobre esta unidad. Por el Norte se encuentra limitada por fallas de desgarre siniestrosas que ponen en contacto la Formación Las Lagunas con esta Formación. Por el Este la Formación Peralvillo Norte cabalga a la Formación Don Juan.

### 2.2.3.- Formación Los Ranchos ( 4 a 13 )

Esta Formación fue definida por Bowin (1966), llamando así a un cinturón de rocas volcánicas y algunas sedimentarias con metamorfismo de bajo grado, que llamó Formación Los Ranchos, por unas casas con este nombre que actualmente se encuentran sumergidas por las aguas del Embalse de Hatillo. Cita como litologías más abundantes, cuarzoqueratófidos con frecuentes fenocristales de cuarzo, y andesitas piroxénicas.

Estas rocas han sufrido un metamorfismo de bajo grado, en parte por reacción con el agua del mar, a facies de esquistos verdes. El óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), que no ha sido modificado por el metamorfismo del agua marina, tiene una distribución bimodal muy marcada. Este vulcanismo empieza en un ambiente submarino y termina en uno subaéreo. Este metamorfismo debido al agua marina, muestra que la espilita fue probablemente basalto, pero no existe la misma confianza de que los queratófidos fueran originariamente riolitas o dacitas. La Formación los Ranchos es una de las acumulaciones volcánicas de arco isla, que forman la base de las Antillas Mayores.

Las Calizas de Hatillo de edad Albiano se apoyan sobre esta unidad, por lo que se limita su edad superior a Cretácico inferior. Plantas fósiles estudiadas por Smiley (1982) son datadas como Neocomiano. Así mismo dataciones por isótopos de plomo ( $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ) dan una edad de 130 m.a. (Cumming et al. 1982). Lo que corresponde también al Neocomiano.

Desde Kesler et al. (1991a), esta Formación ha sido subdividida en unidades o miembros. El término más bajo de la Formación los Ranchos es el denominado Espilitas de Cotuí, que no está representado en la Hoja, y que tiene una litología de lavas espilíticas, que presentan "pillows" lavas. Fig.-2.2.3-I

#### 2.2.3.1.- Miembro Quitasueño (4). Queratófidos y cuarzoqueratófidos

El miembro más antiguo presente en la Hoja es el denominado Quitasueño. Consiste principalmente de lavas y tobas de

queratófidos y en menor cantidad de cuarzoqueratófidos. La mayor parte de los cuarzoqueratófidos forman intrusiones someras. En lámina delgada los cuarzoqueratófidos consisten de iguales proporciones de cuarzo y de fenocristales de plagioclasa alterada, en una matriz de albita, cuarzo y clorita. Cuando los fenocristales de plagioclasa son euhedrales, el cuarzo está generalmente redondeado. La mayor parte de los queratófidos forman coladas y algunos aglomerados. En lámina consisten de fenocristales de plagioclasa en una matriz de bastoncillos de feldespatos alineados. No se han reconocido minerales magmáticos máficos.

#### 2.2.3.2.- Miembro Meladito (5). Material volcánico fragmentario (*debris flows*). Depósito de lahar.

La parte inferior de esta unidad presenta típicos *debris flows*. El contacto inferior con el miembro Quitasueño parece representar un hiato erosional. La estratigrafía de esta unidad es compleja y ha sido estudiada a lo largo del lado noreste de Loma la Cuaba. La parte basal consiste de fragmentos groseros, con bloques angulares o subangulares de hasta 2m., en una matriz de fragmentos de rocas de grano fino. Estos materiales contienen cantos de espilitas, queratófidos y cuarzoqueratófidos, sugiriendo que derivan de los términos infrayacentes, principalmente del miembro Quitasueño. La falta de matriz volcánica sugiere que son *debris flows*. La disminución del tamaño hacia el sureste, desde la Presa de Hatillo, indica que hacia el sureste se alejaba de la rotura de pendiente que originó estos detritos. En el lado noreste de Loma la Cuaba los *debris flows* se encuentran bajo fragmentos de rocas, muchos de ellos silicificados. Sobre ellos, relativamente bien estratificados se encuentran sedimentos de material volcánico con estratificación gradada. Estos sedimentos están intercalados con tobas líticas y vidrios volcánicos que son tobas soldadas. La parte superior de esta columna de sedimentos volcánicos, inmediatamente debajo de las espilitas del Platanal, contiene lentes de areniscas de grano fino, limolitas y margas.

#### 2.2.3.3.- Miembro espilitas de Platanal y Naviza (6 y 7). Espilitas, representadas por coladas, brechas aglomeráticas y piroclastos.

Las espilitas del Platanal y Naviza son semejantes en campo y petrográficamente. La textura homogénea, y la falta de planos de discontinuidad entre coladas, en estas espilitas, han causado y dado lugar a la meteorización en grandes bolos esferoidales, que les da

un aspecto diferente a cualquier otra litología de los materiales de la Formación Los Ranchos, principalmente en las espilitas de La Loma de la Naviza. Ambas espilitas contienen fenocritales de piroxeno que faltan en las espilitas de Cotuí. Aunque estas espilitas se describen por separado, se las considera parte de un mismo miembro.

Las espilitas del Platanal se sitúan en la parte noroeste de la Hoja, formando la amplia Loma de la Cuaba que incluye la Loma el Platanal, de donde toma el nombre. Se considera equivalente a las espilitas de la Naviza situadas en la parte Este del valle de Zambrana (noreste de la Hoja). El contacto inferior de las espilitas del Platanal con el miembro Zambrana es una transición brusca, desde unos sedimentos de grano fino a unas espilitas. Las espilitas decrecen en espesor desde un máximo (varios centenares de metros) cerca del pantano de Hatillo hasta casi desaparecer bajo el área de la mina de Pueblo Viejo, donde su lugar en la sucesión estratigráfica está representado por sedimentos y fragmentos de rocas del miembro Zambrana y del miembro maar-diatrema de Pueblo Viejo.

En esta unidad están ampliamente representadas las brechas aglomeráticas. Las espilitas del Platanal presentan de 20 a 40 por ciento de fenocristales de clinopiroxeno y plagioclasa. Como segundo mineral máfico en importancia se encuentra olivino o un ortopiroxeno, generalmente alterados a clorita por lo que son de difícil identificación.

La parte superior de esta Formación (los 50m. ó 100m. superiores) está fuertemente silicificada (6a). Esta silicificación se presenta en forma de masas de gel de  $\text{SiO}_2$  masivo, en lentes estratiformes y pitones, rodeados de la roca volcánica alterada, que contiene pirofilita, caolinita e ilita. Esta silificación y alteración de la roca volcánica afecta a las 3/4 partes occidentales de la Loma de la Cuaba.

La espilita de la Naviza se localiza en la Loma de dicho nombre, siendo su principal característica su meteorización en grandes bolos. En la parte norte de la Loma de la Naviza, la espilita se apoya sobre aglomerado de queratófidos atribuidos al miembro Quitasueño. En las laderas de esta Loma son comunes aglomerados conteniendo localmente fragmentos de espilita y rocas sedimentarias, en aproximadamente la misma posición estratigráfica que los aglomerados observados en la Loma del Platanal. Así mismo brechas aglomeráticas (7a) se presentan en la parte más alta de La Loma de La Naviza. En lámina delgada estas espilitas

presentan fenocristales de plagioclasa y clinopiroxenos generalmente alterados.

No está claro si estas espilitas, o rocas espilitizadas, se producían en ambiente submarino o subaéreo. Es de notar la falta de *pillows* lavas en ellas, así como la presencia de restos de plantas en el miembro infrayacente, por lo que se considera probable su carácter subaéreo. Tanto en tiempos anteriores como posteriores éste área estuvo sumergida como lo atestiguan las *pillows* de la Formación Cotuí y los fósiles marinos de la Formación Hatillo, siendo metamorfizadas estas lavas por interacción con el agua del mar.

#### 2.2.3.4.- Miembro Zambrana. (8). Material volcánico fragmentario, brechificado e hidrotermalizado.

El denominado Miembro Zambrana está formado por rocas fragmentarias que se apoyan e interestratifican con el miembro de las espilitas del Platanal al sureste de Pueblo Viejo. Contienen tobas líticas de grano grueso, con cuarzoqueratófidos y en menor cantidad fragmentos de espilitas. La similitud en el tipo de fragmentos vistos en los miembros Meladito y Zambrana, sugiere que el Miembro Zambrana está en su mayor parte formado por material del miembro Meladito. Sin embargo las rocas de Zambrana están mucho más brechificadas e hidrotermalizadas que cualquier otras de la Formación Los Ranchos, e incluso han sido minadas para la extracción de oro. Así el miembro Zambrana probablemente consiste de rocas del miembro Meladito que fueron brechificadas y alteradas por una fase temprana de volcanismo explosivo, similar a la que ocurre durante la formación del miembro Pueblo Viejo.

#### 2.2.3.5.- Miembro Pueblo Viejo ( 9,10, y 11 )

El miembro Pueblo Viejo corresponde a los depósitos de un maar-diatrema, posterior a la formación de los miembros espilita del Platanal y Zambrana, y que representa la culminación de la actividad volcánica en la Formación Los Ranchos. Erupciones freatomagmáticas, al final del Cretácico inferior, dan lugar a un maar en un cráter, con un diámetro de más de 1 Km. y una profundidad de unos 300 m.

El depósito inicial del relleno del maar consiste de conglomerados, arena y arenisca(9). En el conglomerado se encuentran cantos plutónicos y pequeñas esferas de cuarzo, se cree que proceden de rocas que fueron expulsadas en explosiones y depositadas en un anillo alrededor del cráter del maar. Después de un período de rápida sedimentación de las paredes y del anillo del cráter, en que se deposita la unidad (9), se dan en el maar condiciones de sedimentación para la deposición de areniscas carbonáceas finamente estratificadas (10), y limos y areniscas carbonosas (11). Estas rocas estratificadas contienen abundantes restos de plantas fósiles, tanto impresiones de Hojas como cortezas, y troncos.

Las rocas del miembro Pueblo Viejo, rellenan una cuenca que tiene forma de embudo, con paredes de fuerte pendiente, de aproximadamente 1 km. de diámetro, y dimensión vertical desconocida. El término superior (11) tiene más de 200m. de espesor en la parte central, siendo el de más amplia representación cartográfica. La parte más profunda, reconocida por sondeos, ya que no aflora, está representada por una brecha con clastos angulares de varios cms. de diámetro, en una matriz de pequeños clastos y harina de roca. La mayor parte de los clastos pueden reconocerse como de las espilitas del Platanal, y algunos han sido silicificados y piritizados antes de su incorporación a la brecha. En la parte noroeste del cráter es donde se encuentra la mayor variedad de litologías debido a rápidos cambios de facies. Los conglomerados (9) se apoyan sobre las espilitas del Platanal. Estos consisten de cantos de espilitas mal redondeados, de hasta 1m. de diámetro, en una matriz de pequeños clastos y granos de espilita. Este conglomerado se encuentra alterado a kaolinita y pirofilita, y contiene clastos de espilita silicificada. En la parte oeste del maar, el conglomerado presenta una transición a las areniscas carbonosas (10). Las areniscas parecen haber sido depositadas por un abanico aluvial que se extendería hacia el Este desde el borde noroeste de la cuenca del maar. Las capas de areniscas contienen pequeñas cantidades de materia carbonosa, algunas capas delgadas (1 a 2cm.), intercaladas, de limolitas oscuras, contienen abundantes restos de plantas fósiles. En la parte oriental, las areniscas contienen troncos carbonizados que llegan a tener más de 1m. de diámetro. En algunos sitios se han visto raíces cortando la estratificación lo que indica la falta de transporte de éstas. La parte central del maar está ocupada por areniscas y limolitas carbonosas (11), con un espesor superior a los 200 m. Presentan una deposición cíclica, de alternancia de capas de areniscas de unos pocos centímetros, alternando con capas de limolitas oscuras con abundantes impresiones vegetales. Según se va colmatando el maar,

estas capas se van extendiendo y depositando sobre las rocas de la pared del cráter, por lo que se ve esta unidad apoyada sobre las espilitas del Platanal. Todas estas rocas están afectadas por hidrotermalismo

#### 2.2.3.6.- Formación Los Ranchos. Tobas de lapilli (12) y Areniscas espilíticas (13)

Las tobas de lapilli (12) afloran en la parte oriental del maar. Estas tobas están formadas por un 50% de clastos de alrededor de 1 cm. de diámetro, en una matriz de ceniza. Los clastos más frecuentes son de forma lenticular y composición máfica. También contienen cuarzoes globosos de unos 5mm. de diámetro. Una explicación de esta litología, es que tiene su origen en un flujo piroclástico procedente de una fuente situada al sur de Pueblo Viejo, y que se depositó dentro y fuera del cráter del maar. Se descarta que el centro eruptivo estuviera dentro del maar por la falta de materia carbonosa en esta toba.

La unidad litológica más joven de la Formación Los Ranchos en el área de Pueblo Viejo, es una arenisca grosera y mal seleccionada de granos de espilita, que se apoya sobre limolitas carbonosas. Está representada en la parte oriental del cráter del maar(13). Esta arenisca, que buza suavemente hacia el suroeste, se considera que cubre los depósitos de maar. En la base se han visto lentejones de conglomerados. El cambio de sedimentación de las limolitas carbonosas en el lago del maar, a las areniscas groseras, sugiere un cambio a una erosión regional de las espilitas.

La alteración hidrotermal y la mineralización de sulfuros, empieza durante la formación del diatrema y continúa durante el relleno del maar del cráter. Todas estas rocas, incluso la mineralización, fueron ligeramente erosionadas, previamente a la deposición de las calizas arrecifales de Hatillo (14), que fosilizan el paleorrelieve del final del Cretácico inferior.

#### 2.2.4.- Caliza de Hatillo (14). Calizas y mármoles.

La Formación Los Ranchos, es cubierta mediante una discordancia erosiva, por las calizas de la Formación Hatillo. Bowin (1966)

las da este nombre, y en base a los foraminíferos recogidos, las data como probable Aptiano-Albiano con: Cuneolina sp., y Coskinolinooides texanus. Rusell y Kesler (1991), mediante los fósiles recogidos en la base de estas calizas, en Pueblo Viejo, que incluyen: Gasteropodos, Pelecípodos, Ammonites y Equinodermos, y principalmente mediante la fauna de Equínidos las data como más probable Cenomaniano o posible Albiano.

Esta caliza es discordante, y tiene en la base una secuencia transgresiva que no está siempre completa. En la base tiene un conglomerado, con un espesor variable, pero inferior a 10 m., con abundantes cantos de sílice (gel amorfo) que llegan al 50%, en una matriz de grano fino. Sobre el conglomerado, se encuentra una arenisca de grano fino cortada por una red de fracturas anastomosadas que contienen óxido de hierro y de silicio. Estas características parecen corresponder a un paleosuelo. Sobre los conglomerados y las zonas con concreciones, se encuentran limos y areniscas calcáreas que contienen abundantes fragmentos de fósiles marinos. El conjunto de esta secuencia transgresiva sobre la que se apoyan las calizas de Hatillo, no supera los 30m.. Sobre esta última litología se apoyan las calizas masivas arrecifales, que se presentan en el paisaje pobladas de una vegetación muy densa. Es una caliza nerítica, masiva, de color gris claro azulado, que se presenta en bancos métricos sin estratificación bien marcada. Está frecuentemente recristalizada, bien por la proximidad de accidentes tectónicos, bien por intrusiones dioríticas. En este último caso, está transformada en mármol blanco conteniendo pequeñas masas de magnetita y hematíes (antigua explotación de La Loma La Mina).

En esta Hoja, esta Formación se apoya sobre diferentes miembros de la Formación Los Ranchos.

Este tipo de caliza es muy frecuente en esta época en todo el dominio del Caribe y está presente, ampliamente, en la Cordillera Oriental de La Española. El desarrollo de esta plataforma caliza expresa el fin de un acontecimiento general, en el arco isla primitivo de las Antillas Mayores.

Estas calizas están involucradas en el cabalgamiento de Hatillo.

#### 2.2.5.- Caliza de las Cañas (16). Calizas y mármoles

Bowin (1966), diferencia la caliza de Hatillo de la caliza de Las Cañas, separadas en esta Hoja por el río Yuna, quedando las calizas de Hatillo a “levante” y las de Las Cañas a “poniente” de dicho río. Fundamenta esta separación en una datación de la caliza de Las Cañas como Cretácico superior, mientras que las calizas de Hatillo se encontraban datadas como Cretácico inferior (Albiano). Koschman y Gordon (1950) habían datado la caliza de Las Cañas como Cretácico inferior con rudistas (Nerinea, Requienia o Toucasia). La única evidencia de una edad Cretácico superior para la caliza de Las Cañas es la determinación de una rudista. Esta determinación concierne a una especie nueva: Antillocaprina occidentalis (Witfield), estimando una edad Campaniano-Maastrichtiano, basándose en la evolución en el curso del tiempo de la estructura de la pared de los Cuprinidos (Boisseau 1987).

Así pues aunque separadas en cartografía y leyenda se consideran una unidad litoestatigráfica, si bien hemos de señalar que las calizas de Las Cañas situadas al oeste del río Yuna, se encuentran más implicadas en cabalgamientos que las calizas de Hatillo, y también más metamorizadas por las intrusiones de dioritas, por lo que su aspecto, localmente, puede ser diferente.

### 2.3.- Cretácico Superior

#### 2.3.1.-Formación Las Lagunas (17).Tobas epiclásticas, limolitas y calizas grises oscuras

Sobre las calizas de Hatillo, Bowin (1960, 1966) distingue la Formación Las Lagunas. Se trata de rocas esencialmente volcanodetríticas, calizas micríticas oscuras, y grauwas. Boisseau (1987) ha encontrado en la base de esta formación lutitas con Radiolarios que han dado

Archaeodictyomitra cf. sliteri. PESS.

Zifondium cf. pauperum

Xilus sp.

pequeña asociación que P. De Never sitúa en el Cretácico inferior- base del Cretácico superior. Como estas lutitas están encima de las calizas de Hatillo, la edad de la base de esta Formación debe ser Albiano-Cenomaniano. La edad del techo de la serie no ha podido ser datada directamente, pero está recubierta por el conglomerado de la Formación Don Juan, de edad Paleoceno inferior.

En el corte (denominado Los Cacaos-la Piñita), descrito por Boisseau (1987) cita sobre las calizas de Hatillo:

- 1.-Tobas epiclásticas finas de color verde que son ricas en microlitos de plagioclasa y piroxeno. Entre éstas se encuentran intercalados algunos niveles de lutitas. Espesor 500 m.
- 2.-Sobre el término anterior se sitúa una caliza micrítica, detrítica, gris oscura. El paso del término precedente a esta caliza es progresivo.
- 3.-Alternancia de calizas grises detríticas y de grauvacas con cemento carbonatado.

Estas litologías presentan variaciones de espesor y litología.

Diques de diorita están presentes en esta Formación.

Las tobas epiclásticas finas, de color gris verdoso a ocre, están bien estratificadas en bancos decimétricos regulares. El paso progresivo de las tobas epiclásticas a las calizas micríticas-detríticas se observa a través de lentejones interdigitados de ambas litologías

2.3.2.-Formación Peralvillo Sur (15). Tobas y coladas basálticas; cherts

La Formación Peralvillo Sur se presenta como una banda de rocas volcánicas, esencialmente basaltos, términos volcanoclásticos asociados y “cherts”, no deformados, y sin metamorfismo, que a lo largo de aproximadamente 60 Km., se prolonga en dirección NO-SE desde cerca de la localidad de La Bomba, al norte de Santo Domingo, hasta el Llano al norte de Bonaio, ya en la Hoja 1:50.000 de Fantino. La anchura de esta banda es variable, siendo menor en la parte norte (entre 200 y 1000 m.) mientras que al sur se ensancha hasta alcanzar mas de 3.000 m.

Esta unidad se ha redefinido, en este trabajo, a partir de la Formación Peralvillo de Bowin (1960-1966), con la que coincide en su parte meridional. Boisseau (1987) y Mercier de Lepinay (1987) incluyen esta Formación dentro de un conjunto ofiolítico, en asociación con la Formación Siete Cabezas, y la peridotita de Loma Caribe. Para estos autores la Formación Peralvillo sería correlacionable con la Formación Siete Cabezas. Posteriormente, Espaillat et al. (1991) estudian la petrografía y geoquímica de esta Formación en Sabana Potrero, zona de interés minero situada en la Hoja de Villa Altagracia. Según estos autores, los basaltos masivos y pillows-lavas de la Formación Peralvillo tienen características geoquímicas afines a la de los basaltos de tipo Morb, y su asociación en campo con depósitos masivos de sulfuros metálicos, apunta hacia una asociación ofiolítica "de tipo Chipre".

El cinturón de rocas volcánicas de la Formación Peralvillo Sur, discurre adosado al flanco septentrional de las peridotitas y, en una posición meridional respecto a los esquistos de Maimón. El contacto con los esquistos de Maimón es especialmente rectilíneo, en donde se ha podido observar, consiste en un plano de falla con un buzamiento entre 50° y 60° al SO que desarrolla una zona cataclástica de espesor métrico.

La fauna de radiolarios encontrada en los niveles de “cherts” (Boisseau,1987) da una edad Cretácico, sin poderse establecer mayor precisión.

Según Lewis, desde el punto de vista geoquímico, los basaltos de Sabana Potrero corresponden al tipo de dorsal oceánica, con algunas diferencias.

En el Arroyo del Toro (límite meridional de esta Hoja), se observa una sección representativa de esta Formación. Presenta en la base, lavas basálticas masivas y *pillows*-lavas, intruídas por diabasas. En el contacto con las peridotitas se encuentran gabros. Sobre las lavas basálticas antes mencionadas, descansa una serie volcanoclástica que consiste en tobas, tanto masivas como estratificadas, con niveles de “cherts” verdes y rojos, y limolitas, con un espesor estimado de 1.000 a 2.000 m. El tipo litológico dominante son tobas y lapilli masivas de tonos gris a verde oscuro. En la parte baja de la serie se presenta una alternancia decimétrica de tobas cineríticas de tonos oscuros, limolitas y “chert” finamente laminados. Las limolitas son de tonos rojizos y los chert rojos violáceos a verdes pálidos. En estos últimos se ha encontrado fauna de radiolarios aunque no ha sido diagnóstica.

Los basaltos masivos de la base presentan sulfuros masivos en la localidad de Sabana Potrero (Hoja de Villa Altagracia). Debajo de estos sulfuros, los basaltos presentan frecuentes intrusiones de diabasas, las cuales tienen la misma mineralogía que los basaltos, en ellos la plagioclasa está generalmente albitizada por lo que se puede hablar de espilitas.

Mención aparte, merecen algunos xenolitos y bloques tectonizados de mayores dimensiones incluidos en la peridotita, que por su litología, de diabasas o gabros algunos autores (Espaillart et al. 1991) asimilan a la Formación Peralvillo Sur. La mayoría de estos cuerpos presentan cambios en sus litologías, que consisten en la transformación de los clinopiroxenos a anfíboles de tonalidades verde claro (uralitas), y la alteración de la plagioclasa a un agregado de grano fino de baja birrefringencia (saussurita), estos cambios mineralógicos se asocian a un metamorfismo térmico de bajo grado, con ausencia de agua. En algunos puntos a lo largo del margen sur con la peridotita, se describen incluso bloques de este tipo en facies anfíbolítica. Los autores partidarios de una asociación ofiolítica entre la peridotita y la Formación Peralvillo Sur, interpretan los citados bloques y xenolitos como fragmentos de esta última Formación que habrían sido incorporados a la peridotita durante el emplazamiento de ésta.

### 2.3.3.- Granitoides. Tonalitas y Granodioritas (18)

Las tonalitas aflorantes en esta Hoja, son la tonalita de Zambrana (en la parte central-septentrional de la Hoja) y las tonalitas de la Loma de La Naviza (en el límite oriental de la Hoja). Estos granitoides pertenecen a la alineación de intrusiones ácidas que hay en la Cordillera Oriental, entre la tonalita de Zambrana y las tonalitas de Higüey en la parte oriental de la Península del Este.

Aunque el aspecto de las tonalitas de esta Hoja es similar al de las que se localizan al oeste de la peridotita, en las Hojas de Bonao y Arroyo Caña, tanto la edad como algunos elementos químicos difieren considerablemente. Mientras la edad de las tonalitas de esta Hoja es Cretácico inferior (como lo demuestra la datación de 115 M.a.), las de la Hoja de Arroyo Caña dan edades pertenecientes al Cretácico superior. Asimismo el bajo contenido de elementos R.E.E. ligeros, en las tonalitas de Zambrana y otras diferencias geoquímicas, las separan de las tonalitas situadas al oeste, y las hacen geoquímicamente semejantes a las rocas félsicas de la Formación Maimón con las que parecen estar relacionadas genéticamente.

Las tonalitas de Zambrana presentan una intensa meteorización, como corresponde a un clima tropical, presentando en algún caso disyunción en bolos. Tienen un color claro y una textura granuda de grano medio. Los minerales más abundantes son la plagioclasa que presenta cristales idiomorfos bien desarrollados, maclados y zonados. El cuarzo, abundante, presenta cristales alotriomorfos ocupando posiciones intersticiales, y extinción ondulante. Otro mineral esencial es la hornblenda que se presenta agrupada en glomérulos siendo ésta de color verde y formas prismáticas. El apatito presenta secciones idiomórficas prismáticas. Son frecuentes también las leucotonalitas (Trondhjemitas).

### **2.4.- Terciario**

El límite Cretácico-Terciario corresponde a un cambio profundo en la sedimentación, depositándose calizas de plataforma,

encima de un conglomerado, postectónico, de edad Maastrichtiano. De la observación de los cantos contenidos en el conglomerado de la Formación Don Juan, con valor postectónico, se observa una gran abundancia de fragmentos de rocas del arco insular (en todas sus formas), así como numerosos cantos de calizas. Ningún canto de roca ultrabásica se ha visto en este conglomerado. Estos conglomerados fosilizan la tectónica del final del Cretácico-principio del Terciario.

2.4.1.- Formación Don Juan. Conglomerados, limos y areniscas(19). Calizas, limos y areniscas (20). Limos y areniscas (21). Maastrichtiano superior-Eoceno inferior

Esta Formación, denominada así por Bowin (1966), presenta en la base un conglomerado de cantos de tamaño centimétrico principalmente de rocas volcánicas, angulares a subredondeados, que llegan a alcanzar los 15 cms. El cemento rojo-violáceo, debido a los óxidos de hierro, les da esa coloración. Contiene clastos de caliza que con frecuencia tienen fragmentos de rudistas. Estos conglomerados se observan bien en la Loma de la Gallina, y en la Loma de los Mameyes. Los cantos corresponden a rocas volcánicas, tobas, grauvacas y lutitas, y cantos de caliza, alguno de los cuales presentan fauna del Senoniense superior.

Hacia el techo del conglomerado y en paso lateral, se ven grauvacas, areniscas y lutitas, y sobre ellas calizas. Estas calizas presentan Globigerinas y Radiolarios del Paleoceno inferior-medio (Boisseau,1987).

En el Arroyo de Juana Tubi, el conglomerado está coronado por grauvacas y lutitas, y sobre éstas por una serie detrítica silícea negra, de granulometría fina, con lentejones singenéticos de caliza negra piritosa. Esta secuencia presenta numerosas figuras sinsedimentarias (*slumping*) y una disarmonía frecuente, posiblemente tectónica, entre sus términos carbonatados y detríticos. Hacia el techo, se vuelve más masiva con predominio de la parte carbonatada, para terminar por calizas finas de color gris oscuro, finamente estratificadas en bancos decimétricos que presentan pequeñas pasadas centimétricas de lutitas.

Bowin (1966), dató cantos de caliza del conglomerado como Maastrichtiense-Campaniense. En el trabajo de Boisseau (1987),

L.Bourdon, data la asociación faunística encontrada en estos cantos calizos como Maastrichtiense superior. Teniendo esto en cuenta, se puede atribuir una edad Maastrichtiense terminal-Paleoceno inferior al conglomerado y Paleoceno inferior-mediobasal a las calizas suprayacentes.

#### 2.4.2.- Dioritas, cuarzodioritas y cuarzomonzonitas. (22)

Koschmann y Gordon (1950) cartografiaron algunas masas de dioritas que intruyen, en la Hoja de Hatillo, en las calizas de Hatillo y en la Fm. Las Lagunas. Describieron la roca como sienita sódica. Bowin (1966,1975) cartografía y estudia numerosos afloramientos de este tipo de rocas.

Tanto en la Hoja de Bonaó, como en las de Hatillo y Villa Altagracia, se presentan varios cuerpos intrusivos de dioritas piroxénicas. Intruyen en las formaciones: Maimón, Peralvillo, Los Ranchos, Calizas de Hatillo y Calizas de Las Cañas. Estas intrusiones afectan a materiales del Cretácico superior e incluso del Eoceno, en otros puntos de la Isla.

La roca fresca es gris-verdosa, de grano medio y masiva. Si se encuentra meteorizada es de color marrón oscuro. Es muy semejante en todos los afloramientos. Los minerales esenciales son plagioclasa y clinopiroxenos. Con frecuencia los clinopiroxenos presentan alteración que da lugar a clorita, albita, magnetita y uralita. La plagioclasa (andesina sódica) se encuentra generalmente alterada a arcilla y en algunos lugares a sericita. La albita se presenta en forma intersticial. En las rocas con abundante magnetita los feldespatos se presentan muy alterados. El apatito es muy común como accesorio. Localmente se encuentran, biotita marrón oscuro, epidota, leucoxeno y pirita. La plagioclasa se presenta como pequeñas lascas de tamaño de grano mediano, el clinopiroxeno se presenta como granos anhedrales de tamaño de grano medio.

Los efectos del metamorfismo de contacto se ponen principalmente de manifiesto cuando se ponen en contacto con calizas. En la

Hoja de Bonaó, las calizas de las Cañas, se convierten en mármol con tamaño de los cristales de 4-5 mm. de media. En algunos lugares, en el contacto entre la caliza y la diorita se presentan depósitos de magnetita y hematíes.

Estos cuerpos de dioritas, intruyen en rocas sin metamorfismo lo que indicaría su intrusión en zonas epizonales, así mismo los cristales en lajas y bastoncillos de la plagioclasa, sugieren condiciones intermedias o subvolcánicas.

La intrusión de dioritas corta el cabalgamiento de Hatillo de edad Eoceno. Una muestra estudiada en el curso de este trabajo, por el método  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ha dado una edad de  $48,3\pm 0,3$  Ma (Ipresiense, Eoceno inferior) como edad de cristalización de la muestra. Así pues se considera como Eoceno inferior- medio, la edad de la intrusión de estas dioritas.

Intrusiones, diques, y frecuentes diques-capas de dioritas de edad Eoceno, intruyen las Formaciones de Hatillo y los Ranchos en el área de Pueblo Viejo. Estos diques capas son frecuentes en la base de la Formación Hatillo, que dan lugar a *skarn* de magnetita. Un dique de gran tamaño es el que corta la unidad superior del Miembro Pueblo Viejo en el área de Monte Negro, que llega a tener más de 30m. de ancho. La diorita no tiene relación con la mineralización de metales preciosos de la mina de Pueblo Viejo. Asimismo estas rocas se encuentran presentes, intruyendo en la Formación Maimón, Formación Las Lagunas, y Formación Don Juan.

#### 2.4.3.- Formación los Bañitos. (23) Calizas de color claro, conglomerados con cantos calizos y cemento calcáreo de color negro. Aglomerados volcánicos. Eoceno inferior

En el sur de la Hoja de Hatillo y norte de Villa Altagracia, a lo largo de la carretera de Maimón a Yamásá, aflora una caliza de color beige datada como Eoceno inferior. Está intercalada con tobas no esquistosas muy fracturadas. Esta formación descrita por Bowin (1966) con el nombre de Formación Los Bañitos, está discordante sobre los esquistos de la Formación Maimón (recibe el nombre de unas casas situadas 16 km. al sureste de Maimón, en la carretera de Yamasá).

Presenta tobas de grano fino o limolitas, calizas y conglomerados con cantos calizos. Las calizas y los conglomerados presentan signos de esfuerzos estructurales (están cizallados y fallados y presentan venas de calcita) pero no metamorfismo térmico. Las rocas de esta formación no presentan esquistosidad, y se apoyan sobre los esquitos de Maimón, por lo que existe una discordancia angular entre ellos.

Las tobas de grano fino, por difracción de rayos X, muestran cuarzo, como mayor componente, clorita, feldespato, y pequeñas cantidades de hornblenda.

En la base de la caliza aparece una secuencia detrítica areniscosa que se enriquece rápidamente en carbonatos para pasar a calizas detríticas canalizadas, seguido de las calizas gris-beige típicas de la Formación Los Bañitos. Las calizas presentan disarmonía tectónica respecto a su substrato, ya que se encuentran despegadas de él.

Los conglomerados y brechas, incluyen numerosos fragmentos de rocas volcánicas o volcánosedimentarias (basaltos y tobas), y minerales magmáticos (plagioclasas y piroxenos), así como algunos cantos metamórficos en facies esquitos verdes provenientes de la Formación Maimón.

Bowin (1966) data las calizas como Eoceno inferior, por la siguiente asociación. (determinaciones de P.Bronnimann)

*Globigerina* sp.

*Truncorotalia* sp.

En el término litológico de las calizas detríticas canalizadas, se ha estudiado la asociación de microfauna siguiente (determinaciones de J. Butterlin, en Boisseau 1987)

*Ranikothalia bermudezi*

Discocyclusina barkeri

Discocyclusina cf. D.weaveri

Esta asociación data el límite Paleoceno superior- Eoceno inferior.

## **2.5.- Cuaternario**

En el Cuaternario de la Hoja de Hatillo se han diferenciado de más antiguo a más reciente: Glacis antiguos (24), con predominio de arenas limos y arcillas, que corresponden a rellenos de cubetas, mediante abanicos que generalmente han perdido sus partes apicales por neotectónica y/o erosión. Actualmente estos rellenos antiguos se encuentran en proceso de erosión. La cubeta cuaternaria más importante, es la denominada depresión de Zambrana, que se localiza en el centro de la mitad septentrional de la Hoja.

Las llanuras de inundación (26) de limos, arenas y gravas, tienen escaso desarrollo en esta Hoja. Relleno de fondos de carst (25), que se localiza en el ángulo noroeste de la Hoja, con arcillas y limos rojos de descalcificación, que rellenan los fondos de las dolinas. Los fondos de valle (27) con gravas, arenas y limos, que generalmente son depósitos de poco espesor e incluso faltan estos depósitos debido al levantamiento generalizado, y consecuente erosión de estos fondos de valle.

## 2.6.- Geoquímica

Este apartado se ha elaborado a partir de la recopilación de todos los análisis geoquímicos existentes en las cuatro Hojas del cuadrante 1:100.000 de Bonaó, algunos realizados en el transcurso del presente trabajo, los cuales se presentan en una base de datos (Tabla 2.6.1.). La mayoría de los datos no están publicados. Tanto en el texto como en la base de datos sólo se incluyen las unidades con representación en la Hoja. Puesto que estos análisis han sido realizados por una amplia variedad de autores y con diferentes métodos a lo largo de un intervalo considerable de tiempo, la base de datos se han de utilizar con prudencia. Además, el hecho de que la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas representadas en el cuadrante de Bonaó hayan sufrido un cierto grado de metamorfismo o alteración, condiciona que sólo los elementos con menor movilidad como Th, Nb, Hf, Ti, Zr, Y y otros, como los de Alto Potencial (HFS) o Tierras Raras (REE), puedan ser utilizados para discriminar las afinidades magmáticas de las distintas suites de rocas.

Los datos se presentan en diagramas multielementales en los que los análisis se han normalizado al tipo N-Morb (Pearce 1983) y en diagramas de elementos de Tierras Raras normalizados al condrito. Esto permite la comparación directa entre las diferentes unidades comprendidas en la zona de estudio y, a su vez, de éstas con las de otras provincias tectónicas. Este estudio ha permitido llegar a importantes conclusiones, algunas en el campo de la especulación, respecto de las relaciones genéticas entre las diferentes unidades así como de las afinidades magmáticas de las mismas.

### 2.6.1. La peridotita de Loma Caribe

Hay sólo cinco análisis de roca total disponibles de la peridotita de Loma Caribe. Cuatro de ellos corresponden a harzburgitas serpentinizadas y uno a una dunita. Las piroxenitas se han muestreado a lo largo del margen NE en las proximidades de la Loma Las Cabirmas, pero no hay análisis de ellas. En términos de elementos mayores, estos análisis son típicos de peridotitas de tipo Alpino y son consecuentes con las descripciones petrográficas. La muestra SP-53/91 que presenta un mayor grado de serpentización que el resto, tiene un 1,79% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y un 2,5% de CaO de tal forma que se aproxima a la composición de las lherzolitas.

También se dispone de análisis de la cromita en dos pequeños cuerpos de cromitas masivas incluidos en la peridotita. Los que se incluyen en la base de datos corresponden a granos individuales analizados con microprobetas. El alto contenido del 1,1 % en TiO<sub>2</sub> es considerablemente mayor que el que se encuentra en las cromitas masivas de las peridotitas de tipo Alpino (<<0,5%).

Los datos petrográficos y geológicos, en asociación con la ocurrencia de cuerpos masivos de cromitas, sugieren que la peridotita de Loma Caribe representa la parte del manto superior próxima a la discontinuidad de Mohorovicic y que por tanto forma parte de una suite ofiolítica desmembrada

### 2.6.2. El Complejo Duarte

Puesto que las rocas del Complejo Duarte han sido objeto de numerosos análisis en el cuadrante de Bonaó y en otras áreas más septentrionales (Draper y Lewis, 1991) no se ha considerado necesario realizar más análisis en el transcurso del presente trabajo. Todas las rocas del complejo comprendidas en este cuadrante, excepto dos, tienen contenidos relativamente altos en MgO y bajos en TiO<sub>2</sub>, y pertenecen al Miembro Inferior del mismo, según la división de Lewis y Jiménez (1991).

De las dos rocas mencionadas con composiciones diferentes, la muestra 80-52, una anfibolita cogida de la carretera de Piedras Blancas a Rancho Arriba, muestra el alto contenido en REE y HFS que caracteriza las rocas del Miembro Superior, aunque con contenidos bajos en TiO<sub>2</sub>. La muestra 97-13 de Guanamito (Loma Sierrecita) tiene una mineralogía inusual consistente en biotita y clorita. No hay análisis de elementos traza de esta muestra de la que se supone que podría representar un metagabro. Los análisis de elementos traza disponibles del Complejo Duarte se representan en los diagramas de la figura 2.6.1. Estos son similares a los realizados en otras áreas (p.e. Lewis y Jiménez 1991 y Draper y Lewis 1991). Sin embargo se debe destacar que los valores de Hf de las muestras 88BL15, 88BL16 y 88 BL24, son muy bajos. Estos valores bajos de Hf y otras pequeñas discrepancias se deben probablemente a los distintos métodos utilizados por los diferentes laboratorios que han intervenido en los análisis. Los análisis más recientes, conjuntamente

con los datos isotópicos (Lapierre et al 1997) son consistentes con la correlación del Complejo Duarte con un *plateau* oceánico como originalmente propusieron Lewis et al (1983) y Lewis (1991).

Basándose en dos nuevas dataciones por el método Ar/Ar que arrojan edades de 86/87 Ma, Lapierre et al. (en prensa) concluyen que el Complejo Duarte es de edad Cretácico superior y forma parte de la denominada Provincia Ignea Cretácica del Caribe-Colombia (Kerr et al. 1996). Lewis et al (1999) discrepan de esta interpretación al considerar que el complejo es de edad Jurásica o, como mucho, Cretácico inferior y que por tanto se habría formado en los estadios iniciales del desarrollo de la corteza oceánica caribeña.

### 2.6.3. El Complejo Río Verde

Debido a la escasez de datos previos, en el presente trabajo se han realizado análisis nuevos de algunas litologías representativas del Complejo Río Verde. Todas las rocas analizadas son máficas (básicas) y muestran un estrecho rango de composición tanto en elementos mayores como menores. Todas han sufrido un cierto grado de metamorfismo o alteración y por tanto sólo los elementos menos móviles pueden ser utilizados para determinar las afinidades magmáticas de las rocas. Para examinar las características geoquímicas de las rocas de Complejo Río Verde es conveniente separar las anfibolitas del grupo principal de esquistos máficos.

Todas las muestras, tanto las correspondientes a los esquistos máficos como a las anfibolitas muestran una pauta de tipo Morb para los elementos HFS, con apenas una ligera disminución respecto del tipo N-Morb (Figuras 2.6.2. y 2.6.3.). Por otra parte, todas ellas presentan la anomalía negativa de Nb y están enriquecidas en elementos de grandes cationes iónicos como K, Rb, y Ba. La pauta general de los elementos HFS es la misma que la observada en los análisis de la Fm. Peralvillo Sur (Figura 2.6.3.b.). La muestra 97-19c es una segregación de grano grueso en los (meta)basaltos de Los Angelitos. Los altos valores de TiO<sub>2</sub>, de la relación FeO/MgO y de la concentración de elementos HFS estarían a favor de esta interpretación. Dentro de la misma pauta que sugiere un origen común, las anfibolitas muestran un rango composicional (Figura 2.6.3.) todavía más estrecho comparadas con los esquistos máficos.

Las composiciones químicas de los esquistos máficos y las anfibolitas del Complejo Río Verde son muy similares a las composiciones medias de los basaltos de la Fm. Peralvillo Sur en Sabana Potrero. Ambas muestran las mismas pautas de tipo Morb para los elementos HFS y las mismas anomalías negativas de Nb que éstos (Figura 2.6.3.b).

Sin embargo también hay diferencias composicionales. Así, en el Complejo Río Verde las concentraciones de elementos de grandes cationes como Sr, K, Rb, Ba; y Th exceden a las de los basaltos de Sabana Potrero, salvo en el caso del Ba. Dado que estos elementos son extraordinariamente móviles, la diferencia de concentración se podría explicar como una alteración producida por la presencia de agua de mar en el momento de la cristalización y el enfriamiento del suelo oceánico. El Th es la excepción y debió permanecer relativamente inmóvil durante los procesos de alteración hidrotermal a niveles someros. Los ratios Th/Nb de los esquistos máficos y las anfibolitas del Complejo Río Verde son diferentes comparadas con las de los basaltos de Sabana Potrero, sugiriendo una fuente independiente para las dos unidades. Así, aunque las rocas del Complejo Río Verde y de la Fm. Peralvillo Sur muestran notables similitudes petrográficas y geoquímicas que podrían sugerir una cierta afinidad genética existen suficientes diferencias para suponer que derivarían de magmas separados. En cualquier caso, estas conclusiones de índole estrictamente geoquímico difieren notablemente de las establecidas a partir de los datos cartográficos y estructurales, según los cuales estas dos unidades serían de edades diferentes y no tendrían ninguna relación genética.

#### 2.6.4 Los Esquistos de Maimón

La geoquímica de las rocas metavolcánicas que constituyen los Esquistos de Maimón se ha estudiado principalmente a partir de las muestras de sondeos realizados para cuatro prospecciones mineras denominadas Cerro de Maimón y Loma Barbuito (Hoja de Hatillo), Loma Pesada (Hoja de Bona) y El Altar (Hoja de Fantino). De todos los análisis de sondeos que se guardan en los archivos de la Falconbridge Dominicana sólo un reducido número de ellos se ha incluido en la base de datos. El resto de análisis correspondientes a esta unidad incluidos en la base datos, proceden de muestras de campo representativas de las distintas litologías premetamórficas. Sólo se han analizado aquellas rocas que presentan un menor grado de alteración hidrotermal.

Los principales antecedentes de los estudios de geoquímica de los Esquistos de Maimón son los de Kesler et al (1991b) y Horan (1995). Los resultados presentados en la base de datos dan una idea del rango composicional. Como en casos anteriores, el metamorfismo y la alteración hidrotermal de estas rocas condicionan el uso de los elementos menos móviles como el único método válido para examinar sus afinidades magmáticas.

Los términos máficos de esta unidad son esquistos verdes clorítico-epidóticos. Estos muestran un considerable rango composicional pudiéndose diferenciar varios grupos, fundamentalmente en función del contenido en TiO<sub>2</sub>. Los diagramas TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> revelan que el contenido en TiO<sub>2</sub> en rocas máficas (<60% SiO<sub>2</sub>) oscila entre los valores del 0,3% y del 0,9% para la mayoría del área. En un tramo de los sondeos de Loma Pesada se encontró un contenido de TiO<sub>2</sub> de hasta el 1,56% en metabasaltos. Las rocas con los contenidos más bajos en TiO<sub>2</sub> suelen tener los contenidos más altos en MgO y Ni. Estas rocas con TiO<sub>2</sub> bajos/MgO-Ni altos (Fig. 2.6.5.) se pueden correlacionar con las primeras rocas formadas en arcos insulares primitivos, denominadas *boninitas*, que han sido descritas en la zona de Izu-Bonin del Pacífico. Las rocas de los Esquistos de Maimón con afinidades de *boninitas* gradan, con el incremento en el contenido en TiO, a las rocas toleíticas más comunes de arcos oceánicos. La baja composición de los Esquistos de Maimón en elementos HFS y REE se representa en la Fig. 2.6.5.

Los términos félsicos son de tonos claros y consisten en un agregado de cuarzo, feldespatos y sericita. Su composición es ácida con más del 68% de SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O típicamente inferior al 5%, K<sub>2</sub>O <1% y MgO y CaO <2%. Pese a su composición ácida, muchos de los elementos HFS de estas rocas muestran pautas similares a las de las rocas de tipo N-Morb (Fig. 2.6.5.). El diagrama multielemental de estas rocas (Fig. 2.6.7.) revela un considerable rango en las composiciones de los elementos traza, particularmente del Y y Yb. Estas características son similares a las observadas en las lavas riolíticas de los arcos insulares oceánicos del Pacífico occidental

#### 2.6.5. La Formación Siete Cabezas

Aunque esta Formación ocupa amplios sectores del cuadrante 1:100.000 de Bonaó, existen pocos análisis correspondientes al mismo como consecuencia de las dificultades de acceso y del fuerte grado de alteración o silicificación que en él presentan las rocas. Por esta razón la mayoría de los análisis registrados en la base de datos pertenecen a la Hoja 1:50.000 contigua de Los Alcarrizos donde hay buenos afloramientos de roca fresca. Son 50 los análisis que se disponen de esta Hoja, 18 de los cuales proceden de los sondeos realizados en Loma Nandita en los años 80. Tanto éstos como los correspondientes a afloramientos son rocas de excelente calidad idóneas para análisis petrográficos y geoquímicos.

Las rocas de la Fm Siete Cabezas tienen un pequeño rango composicional. El  $\text{TiO}_2$  oscila entre el 0,69 y el 1,37% y el  $\text{MgO}$  entre el 5,7 y el 14,55% (excluyendo las brechas) excepto para la muestra 90-8 en la que el  $\text{TiO}_2$  representa el 2,11% y el  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , el 16,5% del total. Esta roca anómala, se interpreta como una intrusión tardía, posiblemente un dique. El  $\text{K}_2\text{O}$  en la mayoría de los análisis es menor del 0,2% y, en muchos, está incluso por debajo del 0,1% reflejando que son muestras frescas. Los valores más altos de estos elementos probablemente se deben a una ligera alteración.

Basándose en un diagrama  $\text{Cr-TiO}_2$  (Fig. 2.6.8.), los basaltos de Siete Cabezas se pueden dividir en dos grupos, uno, con  $\text{TiO}_2 < 1,0\%$  y  $\text{Cr} > 300\text{ppm}$  y otro, con  $\text{TiO}_2 > 1,0\%$  y  $\text{Cr} < 200\text{ppm}$ . Todas las muestras analizadas de Loma Nandita, pertenecientes al sector SE, donde los basaltos están intercalados con términos sedimentarios y "cherts", pertenecen al primer grupo ( $\text{TiO}_2 < 1\%$ ). En el sector septentrional, donde los flujos basálticos son dominantes, los análisis muestran composiciones más afines al segundo grupo, aunque también el primero está presente.

Es preciso notar que hay una notable coincidencia de elementos mayores y HFS entre los basaltos con  $\text{TiO}_2 > 1,0\%$  de la Fm Siete Cabezas y los de la Fm. Peralvillo Sur. Sin embargo, los primeros no muestran los valores anómalamente negativos de Nb, Ta o Th que caracterizan a los segundos. Además, en los diagramas de Tierras Raras normalizadas al condrito, los basaltos de Siete Cabezas dan curvas planas mientras que los de La Fm. Peralvillo Sur muestran una disminución en los elementos ligeros. Por otra parte ningún basalto de Siete Cabezas da las anomalías negativas de Eu observadas en algunas rocas de la Fm. Peralvillo Sur. Excepto en el caso

del mencionado dique, ninguna muestra de la Fm. Siete Cabezas da valores de  $\text{TiO}_2$  superiores al 1,3%. Estos factores demuestran que los flujos basálticos de la Fm Siete Cabezas no llegan al mismo grado de fraccionamiento que los de la Fm Peralvillo.

La petrogénesis de la Fm Siete Cabezas y sus relaciones con el resto de las unidades del Cinturón Intermedio o *Median Belt* de Bowin (1966), es problemática. Su litología y composición basáltica sugieren su pertenencia al mismo tipo de asociación oceánica que, por ejemplo, la Fm Peralvillo Sur. Sin embargo, los basaltos de Siete Cabezas no tienen ningún parecido con los basaltos oceánicos o de arcos insulares, sino que, todo lo contrario, su geoquímica muestra afinidades con las de ciertos basaltos asociados al desarrollo de grandes *plateaux* oceánicos como los de Ontong Java, en el océano Pacífico, o el mismo *plateau* oceánico del Caribe. Más particularmente, los basaltos de Siete Cabezas se asemejan bastante a los basaltos del Cretácico superior del Oeste de Colombia. Las curvas planas de los diagramas de Tierras Raras son las mismas que las de los basaltos de Ontong Java y Colombia (Fig. 2.6.9.). Las relaciones Ti/Y y Nb/Zr son iguales que las de los basaltos colombianos.

Los basaltos colombianos del Cretácico superior se consideran parte de la Provincia Ignea Cretácica del Caribe-Colombia (Kerr et al. 1996). Para Kerr et al. (1997a, 1999b) la geoquímica de estas rocas indica su relación con un *plateau* oceánico derivado de una pluma mantélica. El volcanismo asociado a esta pluma tuvo su desarrollo principal alrededor de los 89 Ma (Sinton et al. 1998), aunque también se conocen emisiones posteriores. Los basaltos de Siete Cabezas han dado una edad de 67Ma por el método Ar/Ar (Sinton et al 1998), edad que los sitúa en las fases postreras del desarrollo del *plateau* caribeño-colombiano. Esta interpretación plantea importantes problemas paleogeográficos y estructurales a la hora de explicar la posición de la Fm Siete Cabezas contigua a formaciones volcánicas coetáneas (p.e. Peralvillo Sur y Tireo) con afinidades geoquímicas absolutamente contrapuestas.

#### 2.6.6. La Formación Peralvillo Sur

Las rocas basálticas de la Fm. Peralvillo Sur han sido relativamente bien muestreadas en el ámbito de la zona de estudio. La variación de la geoquímica de las lavas e intrusiones someras se ha examinado con detalle en los sondeos de Sabana Potrero (Hoja

1:50.000 de Villa Altagracia). La publicación de Espaillet et al. (1989) presenta un resumen de la geoquímica de estas rocas. El presente informe supone una revisión detallada de estos análisis los cuales se incluyen en la base de datos. En la revisión se han puesto de manifiesto algunos errores en la analítica presentada por Espaillet et al. (1989), sobre todo en lo referente al Nb, que ahora han sido subsanados. El hecho de que estos análisis hayan sido realizados por diferentes autores a lo largo de un periodo dilatado de tiempo, aconseja que su utilización sea realizada con prudencia. La base de datos también incluye análisis procedentes de sondeos realizados en el contacto con los Esquistos de Maimón en Cerro Maimón. En esta zona las rocas están cizalladas y cloritizadas y la peridotita de Loma Caribe parece incluir algunos ¿xenolitos? cuya composición recuerda a las de las diabasas de la Fm. Peralvillo Sur. Los análisis correspondientes a estos xenolitos se identifican separadamente.

Como en casos precedentes, el hecho de que las rocas de esta formación estén con frecuencia hidratadas y cloritizadas y, en algunos casos, notablemente alteradas, aconseja establecer las afinidades magmáticas mediante el estudio de los elementos menos móviles tales como Ti, Hf, Th, Nb y Tierras Raras (REE). Sin embargo determinadas muestras de los sondeos de Sabana Potrero son de excelente calidad y los análisis en ellas realizados se pueden utilizar como referencia para comparar el del resto de las rocas.

Los basaltos de Sabana Potrero forman una suite de toleitas fraccionadas con cuarzo e hiperstena normativos en la que los valores de TiO<sub>2</sub> oscilan entre 0,43 y 2,33% y los correspondientes de Mg, entre el 9,31 y el 4,27%, en las rocas más frescas, esto es, aquellas que no presentan disminución de calcio o sodio. Las rocas basálticas de Sabana Potrero presentan pautas de los multielementos, normalizada al tipo N-Morb y de las Tierras Raras, normalizadas al condrito, similares a las de los basaltos procedentes de los *ridges* oceánicos (Fig. 2.6.10.). Difieren de estos, sin embargo, en los bajos contenidos de Nb, Ta y Th. Por esta última razón y también atendiendo a las bajas proporciones de Cr y Ni, particularmente en las composiciones menos fraccionadas, su afinidad atiende a la de los basaltos de arcos insulares oceánicos. Sin embargo no es común que estos últimos presenten disminuciones en los contenidos de cationes grandes como Sr, K y Rb.

Las afinidades de tipo Morb y la anomalía que significa el bajo contenido en Nb-Ta, son características de los basaltos de Sabana Potrero que se pueden correlacionar con las de los basaltos de la cuenca de Lau en el océano Pacífico. Esta circunstancia y la presencia

de depósitos de sulfuros masivos asociados, son sugerentes de una cuenca tras-arco como uno de los contextos posibles para la emisión de estos basaltos.

La geoquímica de los elementos mayores y la mineralogía de los bloques gabroides y diabásicos incluidos en las peridotitas serpentinizadas han sido claramente afectados por los procesos hidrotermales asociados con la serpentización. La geoquímica de estos posibles xenolitos se ha comparado con dos muestras de campo de los basaltos de la Fm. Peralvillo (Fig. 2.6.10). En relación con el conjunto de análisis estándar de esta formación, estas rocas muestran un enriquecimiento en elementos móviles como el K, Rb, Ba y Ca. Los elementos HFS muestran las mismas pautas (Fig. 2.6.11.) pero los contenidos de Sm, Hf y el Yb son bajos comparados con los de Zr Y Ti. En el diagrama REE (Fig. 2.6.11.), la concentración de Tierras Raras es distintivamente más baja que en los basaltos (Fig. 2.6.10.). Se desconoce si este hecho se debe a procesos hidrotermales o manifiesta errores analíticos

#### 2.6.7. Tonalitas y tonalitas foliadas

Las tonalitas foliadas y no foliadas que afloran principalmente en la Hoja de Arroyo Caña forman parte de un cinturón de rocas granitoides que se extiende a lo largo de toda la Cordillera Central-Massif du Nord de la isla. Un segundo cinturón de intrusiones granitoides, de dirección E-O, se desarrolla desde el sur de Cotuí hasta cerca de Higüey, en la Península del Este. La tonalita de Zambrana, representada en esta Hoja (Hatillo), pertenece a este segundo grupo.

Los granitoides de la Cordillera Central afloran en forma de batolitos y *stocks*. La litología dominante es la de tonalitas hornbléndicas pero también son comunes las dioritas, granodioritas y cuarzomonzonitas. Los diferenciados con alto contenido en sílice forman pequeños cuerpos de leucogranitos, trondjhemitas (plagiogranitos) y leucogranodioritas. Los estudios realizados por Lewis y sus discípulos (p.e. Feigenson y Lewis 1977; Feigenson 1978; Kesler et al. 1997; Lewis 1982) han demostrado que los granitoides de la Cordillera Central tienen características similares a los que se originan en arcos volcánicos intraoceánicos, denominados granitos de tipo-M (White 1979). Sin embargo, su disposición linear en batolitos y la larga duración de los procesos magmáticos de los que derivan,

sugieren un cierto grado de madurez que los aproxima a los granitoides de tipo-I de Chappel y White (1974) que caracterizan el plutonismo desarrollado en las grandes cordilleras continentales. No obstante, en este caso parece no haber duda de la no intervención de corteza oceánica en la génesis y emplazamiento de los granitoides de la Cordillera Central.

Las características geoquímicas de los granitoides de la Cordillera Central incluyen las siguientes: bajo contenido en K<sub>2</sub>O (<1%) en rocas con menos del 69% de SiO<sub>2</sub>; Al (Na+K+Ca<sub>2</sub>)<1; <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<0.704 (con tres excepciones); Nb<2ppm y Th<5ppm. De los nuevos análisis realizados en el cuadrante 1:100.000 de Bonaó, uno corresponde a la tonalita de Zambrana de la Hoja de Hatillo y el resto a las tonalitas de la Hoja de Arroyo Caña.. También se incluyen en la base de datos otros análisis de elementos mayores inéditos de tonalitas foliadas de la Hoja de Arroyo Caña (Lewis inédito). Todos los análisis de tonalitas foliadas contienen más del 70% de sílice, excepto la muestra 91-308 que es ligeramente más máfica. La tonalita con hornblenda-biotita no foliada que intruye a los gabro-noritas de La Yautía tiene una composición intermedia (58% de SiO<sub>2</sub>) y su composición de elementos traza difiere de la de las rocas más félsicas.

Las muestras representativas de las tonalitas foliadas de la Hoja de Arroyo Caña se presentan en los diagramas multielementales de las figuras 2.6.12. y 2.6.13. Para efectos de comparación, en los mismos diagramas se incluyen muestras de los batolitos de tonalitas (no foliadas) de El Río y de Loma Cabrera, al NE de la misma Cordillera Central; así como de algunos granitoides representativos de cordilleras continentales. Todos los ejemplos escogidos tienen un contenido parecido en SiO<sub>2</sub>. Se puede observar que la geoquímica de las leucotonalitas y trondjhemitas de la Hoja de Arroyo Caña es muy similar a la de las muestras de los batolitos de El Río y Loma Cabrera con parecidas composiciones en elementos mayores (Figs. 2.6.12. y 2.6.13.). Estos granitoides se caracterizan por tener contenidos relativamente bajos en Th, Nb, Yb y Y, en comparación con los de los granitoides pertenecientes a otros ambientes tectónicos, aunque esto puede probar que los leucogranitos y las trondjhemitas pueden ser más abundantes de lo que en un principio se suponía, es improbable que constituyan el tipo dominante de la Cordillera Central.

El cuerpo de tonalitas no foliadas (muestra AC 8001) que intruyen a los gabro-noritas de La Yautía es de composición intermedia y la pauta de sus elementos traza difiere apreciablemente de la de las tonalitas foliadas. En la figura 2.6.13. se compara la composición del citado cuerpo de tonalitas no foliadas con las de su encajante, los gabro-noritas de La Yautía.

En la figura 2.6.12. la composición de la intrusión de Zambrana se compara con las de las intrusiones de la Hoja de Arroyo Caña. Aunque la composición de elementos mayores es similar, la de los elementos traza difiere notablemente sugiriendo una procedencia de un sistema magmático diferente. En la tonalita de Zambrana también es preciso resaltar el contenido relativamente bajo de las Tierras Raras Ligeras así como la pauta plana del conjunto de las Tierras Raras y la anomalía negativa de Eu.

#### 2.6.8. Dioritas, cuarzodioritas y cuarzomonzonitas (de edad Eoceno)

Existen tres análisis de los pequeños cuerpos de diorita que intruyen a los esquistos de Maimón. En este grupo también se incluyen pequeños cuerpos indeformados de rocas porfídicas félsicas que se encontraron tanto en sondeos como en el campo, en el área de Loma Pesada (Hoja 1:50.000 de Bonaó). También hay análisis químicos de pequeños cuerpos intrusivos en el sector NE de los esquistos de Maimón, en el área de Cuanze (Hoja 1:50.000 de Hatillo) Los diagramas de multielementos y Tierras Raras de las dioritas y de los intrusivos félsicos de Loma Pesada, se representan en la figura 2.6.14. Sus composiciones difieren completamente de las otras intrusiones existentes en la región. Estos diagramas se caracterizan por tener valores relativamente altos de Th, Ba y Tierras Raras para composiciones de carácter máfico e intermedio. Estas rocas muestran una fuerte anomalía de Nb indicando que están relacionadas con un proceso de subducción. Esta geoquímica indica que son rocas derivadas de una zona de subducción relativamente madura y evolucionada en comparación con la composición más primitiva de su encajante, los esquistos de Maimón.

#### **2.7. Dataciones absolutas**

En el transcurso del presente Proyecto de Cartografía Geotemática en la República Dominicana se han realizado siete nuevas dataciones absolutas (tabla 2.7.1.), tres por el método U/Pb (J.K. Mortensen, Universidad de la Columbia Británica, Canadá) y cuatro por el método Ar/Ar (W. Hames, Instituto Tecnológico de Massachussets, USA). En ambos casos se recibieron informes de los autores, con tablas (tabla 2.7.2.) y diagramas de concordia adjuntos (Fig. 2.7.1.), en los que se comentan las técnicas analíticas y los resultados. Una traducción de estos breves informes se presenta a continuación.

RA	COORDENADAS	HOJA 1:50.000	LITOLOGÍA	MÉTODO	AUTOR/LABORATORIO	DATACIÓN
<b>91-308</b>	2074750- 0366750	Arroyo Caña	Tonalita foliada	U/Pb en roca total	J. Mortensen, BCU	89,8 $\pm$ 0,4Ma
<b>95-101</b>	2101551- 0379935	Hatillo	Tonalita (no foliada) de Zambrana	U/Pb en roca total	J. Mortensen, BCU	115 $\pm$ 0,3Ma
<b>AC-8001</b>	2072200- 0355400	Arroyo Caña	Tonalita (no foliada) de La Yautía	U/Pb en roca total	J. Mortensen, BCU	87,6 $\pm$ 0,3Ma
<b>AC-8001</b>	2072200- 0355400	Arroyo Caña	Tonalita (no foliada) de La Yautía	Ar/Ar en hornblenda	W. Hames, MIT	88.3 $\pm$ 6.3Ma
<b>AC-8003</b>	2069750- 0367000	Arroyo Caña	Tonalita foliada	Ar/Ar en moscovita	W. Hames, MIT	84.6 $\pm$ 0.5Ma
<b>AC-8005</b>	2071400- 0353600	Arroyo Caña	Gabro-noritas de La Yautía	Ar/Ar en hornblenda	W. Hames, MIT	121.4 $\pm$ 4.6Ma
<b>91-309</b>	2084100- 0359150	Bonao	Hornblendita indeformada	Ar/Ar en hornblenda	W. Hames, MIT	87.0 $\pm$ 9.5Ma

Tabla 2.7.1. Dataciones absolutas realizadas en el proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana



### 2.7.1 Dataciones por el método U/Pb

Respecto a las técnicas analíticas empleadas, los concentrados de circones se prepararon a partir de muestras de 0,5 a 2kg de tamaño utilizando los métodos convencionales de machaqueo y trituración, una mesa Wilfley, líquidos pesados y las técnicas de separación magnética de Frantz. Los análisis U/Pb se realizaron en la Universidad de la Columbia Británica, Canadá. La metodología para la separación de circones, su abrasión, disolución, preparación geoquímica y espectrometría de masas ha sido descrita por Mortensen et al. (1995). La abrasión de la mayoría de las muestras se realizó con aire, previamente a la disolución, para minimizar los efectos post-cristalización de pérdida de Pb.

Los datos se presentan en diagramas de concordia convencionales (Fig. 2.7.1.). Los errores imputables a análisis individuales se calcularon utilizando el método de propagación de error numérico de Roddick (1987). Las constantes son las recomendadas por Steiger y Jäger (1975). Las composiciones del Pb inicial se han sacado del modelo de Stacey y Krammer (1975). Los errores se dan al nivel 2. Los resultados analíticos son los siguientes:

- Muestra 91-308 (tonalita foliada). Sólo se recuperó una pequeña cantidad de circones. Se analizaron cuatro fracciones; se hizo abrasión de las dos más gruesas pero no de las dos más finas. Las tres fracciones son concordantes (Fig. 2.7.1.). Las dos en las que se realizó la abrasión dan solapamientos de elipses con un rango total de edades  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de  $89,8 \pm 0,4$  Ma, que se interpreta como la edad de cristalización de la roca. Las dos muestras en las que no se realizó abrasión dan edades U/Pb ligeramente más modernas, reflejando una menor pérdida post-cristalización de Pb.
- Muestra 95-101 (tonalita no foliada). Se analizaron tres fracciones con una fuerte abrasión. Todas dieron concordancia (Fig. 2.7.1.). La fracción B dio la edad  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  más antigua a los  $115 \pm 0,3$  Ma, que se interpreta como la edad de cristalización de la roca.
- Muestra AC-8001 (tonalita no foliada). La muestra suministró abundante circones de buena calidad. Se analizaron cuatro fracciones con una fuerte abrasión. Las A-C son concordantes (Fig. 2.7.1.) con un rango total de edades de  $87,6 \pm 0,3$  Ma, que da la edad de cristalización de la roca. La fracción D da una edad ligeramente más antigua de

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{Pb}$ , sugiriendo la presencia menor de un componente más viejo, heredado en esta fracción

### 2.7.2 Dataciones por el método Ar/Ar

Las técnicas analíticas utilizadas comprenden la separación de minerales con contenido en potasio, hornblenda y moscovita, y su preparación para el análisis de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  mediante fusión de rayos laser. Las muestras fueron machacadas y tamizadas y los minerales seleccionados a mano a partir de fracciones más gruesas (normalmente de 50-80). Cada mineral fue estudiado bajo el microscopio binocular y seleccionado en función de su tamaño, forma, uniformidad en el color y ausencia de inclusiones. Los separados minerales se irradiaron para la producción de  $^{39}\text{ArK}$  en el reactor de la universidad de McMaster en Hamilton, Ontario, que es usado habitualmente por muchos laboratorios que trabajan con el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Todas las muestras ocuparon una celda con el mismo nivel de irradiación, asegurándose una dosis uniforme de neutrones y del resultante factor-J. La dosis de neutrones fue monitorizada de acuerdo con el estándar internacional MMHB-1, con una edad asignada de 520.4Ma. El factor-J para todas las muestras de este estudio es de  $0.0031834 \pm 0.00002$  (al 2º nivel de error).

Las edades para cada muestra se determinaron fundiendo cristales individuales y midiendo posteriormente la composición isotópica del argon en un espectrómetro de masas de tipo MAP-215-50, en el Instituto Tecnológico de Massachussets. Los isótopos de argon de fondo fueron monitorizados y medidos previamente y después de cada diez análisis. Los datos se evaluaron mediante relaciones isotópicas estándar de mínimos cuadrados y con representaciones gráficas en diagramas inversos de relaciones isotópicas.

En este estudio se han utilizado cuatro muestras del cuadrante 1:100.000 de Bonao de las que se ha realizado la separación de minerales con contenido en K y su análisis por el método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ . Tres de ellas (91-309, AC-8001 y AC 8005) son rocas ígneas máficas e intermedias con fenocristales de hornblenda; la muestra AC 8001 también contiene biotita. La moscovita está presente en la muestra de tonalita foliada (AC 8003).

- Muestra 91-309 (hornblenda en hornblendita). De esta muestra existían tres trozos, todos ellos con la misma litología: grandes fenocristales de color verde de hornblenda dentro de una roca de composición gabroide intruida por venas ricas en plagioclasa. En

lámina delgada la plagioclasa está de moderada a extensamente sauritizeda, el pleocroismo y la birrefringencia de muchos de los anfíboles es irregular, sugiriendo que la hornblenda también ha sido alterada o que ha tenido una prolongada historia de crecimiento sufriendo interacciones con fluidos cargados en agua.

Se escogieron los diez cristales de hornblenda más frescos y uniformes. Los datos resultantes son colineales en un diagrama inverso de correlación isotópica, existiendo dos puntos que difieren significativamente de la pauta general. La regresión de ocho análisis da una edad de  $87.0 \pm 9.5$  Ma, con una relación isotópica inicial de  $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  similar a la de atmósfera actual. Este resultado ha de ser tomado con prudencia debido a la desviación de los dos puntos citados y a la relativamente alta proporción de argón exterior, atmosférico ya que los puntos están significativamente por encima del eje  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ , donde la edad está gráficamente definida). Estos dos factores son consistentes y pueden derivar de larga historia de alteración observada en lámina delgada.

- Muestra AC 8001 (hornblenda de una tonalita-hornbléndica-no foliada). Esta muestra corresponde a una tonalita no foliada rica en biotita y hornblenda que, “de visu”, contiene grandes y bien definidos cristales de biotita y hornblenda que aparecen agrupados entre sí y rodeados por cristales de menor tamaño de plagioclasa y cuarzo.. En lámina delgada la hornblenda es poiquilítica y rodea a fenocristales de plagioclasa previamente formados. La hornblenda es generalmente muy fresca y de color uniforme, igual que la plagioclasa lo que sugiere un bajo grado de alteración.

Ocho de los análisis realizados en esta muestra son colineales y definen una edad de  $88.3 \pm 6.3$  Ma y una composición de  $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  que es consistente con la de la atmósfera actual. Esta edad se interpreta como el momento en que se produjo la retención de  $^{40}\text{Ar}$  en el anfíbol y que cualquier otro argón contaminante en la muestra, es de composición atmosférica.

- Muestra AC 8003 (moscovita de una tonalita foliada). Esta muestra es una tonalita gneílica con una foliación interna definida por la orientación de los cristales de moscovita y clorita. La muestra está moderada a fuertemente meteorizada, con grietas y superficies cubiertas de hematites y una cierta desintegración de los feldespatos. En lámina delgada la clorita parece derivar de la transformación a baja temperatura de la biotita preexistente. La mayoría de la moscovita y en especial la seleccionada para los

análisis ocurre en forma de porfiroclastos integrantes de la foliación. Los minerales félsicos de esta tonalita foliada son, en proporción decreciente, cuarzo, plagioclasa y microclina.

Los cristales de moscovita de esta muestra son altamente radiogénicos (con poca contaminación atmosférica de  $^{36}\text{Ar}$ ) y dan relaciones isotópicas muy similares. La regresión de todos los datos da una edad de  $84.6 \pm 1.5$  Ma y una relación inicial de  $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  pobremente definida de aproximadamente .0026. La edad de esta muestra se interpreta que corresponde al momento de retención del  $^{40}\text{Ar}$  durante el enfriamiento del gneis, probablemente a una temperatura de  $400^\circ\text{C}$ . Los efectos de alteración a bajas temperaturas y de meteorización de la roca no parece que hayan afectado la determinación de esta datación.

- Muestra AC 8005 (hornblenda de los Gabros y Gabro-noritas de La Yautía). Esta muestra es un gabro de tamaño de grano medio y tonos oscuros que contiene fenocristales de anfíbol y plagioclasa distribuidos de forma aleatoria. En lámina delgada, tanto las plagioclasas como los anfíboles son muy frescos.

Diez anfíboles de esta muestra definen una edad de  $121.4 \pm 4.6$  Ma, con un punto de intercepción inicial que es notablemente más grande que la relación  $^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  del argón atmosférico (0.0034). Este punto de intercepción inicial y la aparentemente alta proporción de  $^{36}\text{Ar}$  en cada análisis puede ser un efecto del contenido de fondo de isótopos de argón existente durante la realización de los análisis, particularmente de  $^{36}\text{Ar}$ . Las correcciones realizadas para paliar este efecto usando valores medidos en el transcurso del día, no alteraron la edad obtenida. Por lo tanto la edad de 121 Ma se considera estadística y analíticamente consistente y se interpreta como la edad de la retención del  $^{40}\text{Ar}$  por el anfíbol

### **3.- TECTÓNICA**

#### **3.1.- Tectónica Regional**

La Española es parte del Gran Arco Isla que estuvo activo desde el Cretácico inferior hasta el Eoceno, y que se extiende desde Cuba, Puerto Rico, Islas Vírgenes y dobla a la dirección norte-sur en las Antillas Menores, siguiendo desde la Isla de Granada en dirección E-O por el norte de la costa Suramericana (costa de Venezuela) fig.3.1-I. La parte septentrional de este gran Arco corresponde a las denominadas Antillas Mayores, donde se sitúa la isla de La Española. Ha estado inactiva esta parte desde la colisión con la plataforma de Las Bahamas, que tiene lugar entre el Eoceno inferior y el Oligoceno inferior. Después de la colisión, el límite de placas se convierte en una falla trascurrente de dirección E-O, que separa las placas del Caribe y Norteamericana. La Fosa de Caimán, acompaña la separación de estas placas. La parte oriental, o Antillas Menores, del segmento del Gran Arco Isla, permanece activo desde el Cretácico inferior hasta el presente. La parte meridional del arco ha estado inactiva desde su colisión con el Continente Suramericano en el Eoceno. La Hoja de Bonaó, se sitúa en la parte volcánico-plutónica del Arco Isla, excepto la formación Duarte y la formación Loma Caribe que serían fragmentos de fondos oceánicos.

Gran parte de los contactos entre las formaciones litológicas, son mediante fallas. Ello es debido a que estas formaciones han sufrido traslaciones debido a los sistemas de fallas de desgarre, que han dado lugar a la acreción de estas formaciones desde posiciones originales no siempre bien conocidas.

En la fig.3.1-II, se presentan los principales conjuntos tectoestratigráficos del contexto geodinámico de La Española.

El marco geológico estructural de la Hoja, hay que considerarlo en el de la Hoja a escala 1:100.000 de Bonaó. En este marco, se consideran dos contextos geológicos, separados por el complejo ofiolítico de la peridotita y litologías asociadas. La Hoja de Hatillo presenta el dominio geotectónico oriental y parte del Complejo ofiolítico. A continuación se describen las formaciones presente en la Hoja, situándolas en su correspondiente contexto.

### 3.1.1.- Formaciones de Fondo Oceánico.

Las formaciones de fondo oceánico, son la Formación Loma Caribe y la Formación Duarte.

#### 3.1.1.1.- Formación Loma Caribe.

Esta Formación, consiste en una peridotita localmente serpentizada, con masas de dunita, intrusiones de gabros, diques de diabasa, basaltos, y cherts, que afloran en una banda de 90 km. de largo y unos 15 km. de ancho, en el flanco oriental de la Cordillera Central. La Formación Loma Caribe forma la parte central del Cinturón Medio de Bowin (1966), que incluye el cinturón metamórfico de la Formación Duarte, al Oeste y la Formación Maimón, por el Este. No hay ni foliación, ni metamorfismo de contacto (en general), en los límites de la Formación Loma Caribe. La peridotita está fallada en su contacto por el norte, contra basaltos que no presentan esquistosidad (Formación Peralvillo), y por el sur con la formación Siete Cabezas, datada como Santiense, de material hialoclastítico y basaltos. Una rama de la denominada falla de La Española, entre la Formación Loma Caribe y Duarte, en el sector meridional está fosilizada por sedimentos del Mioceno superior. Theyer (1983) deduce que los basaltos, "cherts" y las rocas ultramáficas de la Formación Loma Caribe y las formaciones adyacentes (Siete Cabezas y Peralvillo Sur) forman un complejo ofiolítico desmembrado. Aquí se considera que la Fm. Loma Caribe y la Fm Peralvillo Sur forman parte de un complejo ofiolítico, mientras que la Fm. Siete Cabezas, al menos parte de ella, tiene afinidades con la Fm. Tireo. Finalmente, ha de señalarse la fuerte anomalía magnética lineal, que indica una continuidad en profundidad del cuerpo de peridotitas.

#### 3.1.1.2.- Formación Duarte

La Formación Duarte, es la otra Formación considerada como fondo oceánico. Bowin (1975) y Palmer (1979) ya sugirieron que la formación Duarte pueden ser fragmentos metamorfizados de corteza oceánica. Consiste de rocas volcánicas de composición básica a ultrabásica, generalmente esquistosas, que están regionalmente metamorfizadas, yendo desde la facies prehnita-pumpellita a la facies anfibolita. Esta formación está intruída por varios batolitos y pequeñas intrusiones graníticas. Algunas de estas intrusiones están elongadas y foliadas, con su eje mayor paralelo a las estructuras regionales.

### 3.1.2.- Formaciones de arco isla.

Las formaciones presentes en esta Hoja representativas de la parte volcano-plutónica de un arco isla son: Formación los Ranchos, Formación Maimón y Formación Tireo.

#### 3.1.2.1.- Formación los Ranchos.

La Formación los Ranchos corresponde a la parte más occidental de la Cordillera Oriental, estando incluida en la formación más amplia denominada de El Seibo (fig.3.1-II). Consiste esta formación de rocas metavolcánicas de bajo grado que incluyen basaltos, dacitas, queratófidos, riolitas y andesitas, que se presentan en forma de tobas, aglomerados, brechas volcánicas, y coladas, y se encuentra intruída por rocas graníticas (tonalitas). En el curso de este trabajo se ha realizado una datación por el método  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  de la tonalita de Zambrana, dando una edad de 115,5 +/-0,3 Ma. (Barremiano).

Esta Formación se encuentra separada de la Formación Maimón, por el denominado Cabalgamiento de Hatillo que tiene un plano de buzamiento no mayor de 45° buzando hacia el suroeste. Este plano está cortado por intrusiones de diorita de edad Eocena.

La Formación los Ranchos corresponde a la parte occidental de la más amplia formación denominada el Seibo. Son rocas con composición característica de un arco isla. Ésta contiene minerales metamórficos de la facies esquistos verdes, producida por la reacción con el agua del mar inmediatamente después de su deposición. La parte final de la formación los Ranchos es emergente y subaérea. El techo de esta formación está truncado por una discordancia, en cuya base se encuentra una brecha de 1 a 5 m. de espesor, y sobre la que se encuentra una plataforma carbonatada conteniendo fauna del Aptiano-Albiano, denominada Calizas de Hatillo.

#### 3.1.2.2.- Formación Maimón.

La Formación Maimón, está representada por una banda de unos 300 km. de largo y entre 5 y 15 km. de ancho, de rocas metamórficas que se extienden en esta Isla de noroeste a sureste. Esta formación consiste, principalmente, de rocas metaígneas y metasedimentarias que presentan varios grados de deformación y metamorfismo. Los

análisis químicos de litologías representativas, van desde composiciones basálticas a cuarzoqueratóficas. Todas tienen alta relación de Fe/Mg. y muy bajos contenidos en K. Esta Formación se encuentra separada por el sur, de la Formación Loma Caribe y Peralvillo Sur por una banda de milonitas, y separada por el norte de la Formación los Ranchos (que llevan como cobertera sedimentaria discordante a la Formación Hatillo y las Lagunas) por el Cabalgamiento de Hatillo. Esta formación está intruída por cuerpos de diorita, principalmente en su área meridional, no encontrándose foliadas estas intrusiones.

Esta formación podría asimilarse a una facies tectónica con mayor deformación penetrativa, de la Formación los Ranchos. La parte más próxima a la Formación Loma Caribe es una milonita de falla, y disminuye su deformación interna hacia el noreste, es decir, hasta el Cabalgamiento de Hatillo, encontrándose, al norte de la Hoja de Hatillo separadas ambas formaciones por el embalse del mismo nombre, siendo difícil de distinguir las a un lado y otro del embalse.

La milonita próxima a la Formación Loma Caribe podría considerársela asociada a una falla transpresiva a lo largo de la Formación Loma Caribe.

### 3.1.2.3.- Formación Tireo.

Esta Formación está representada por una banda de rocas volcanoclásticas y coladas, de 290 Km. de largo y una media de 35 Km. de ancho. Se encuentra datada como Cretácico superior. Está limitada por el norte por la falla de Boano-Guacara, y por el sur por la falla San José-Restauración (esta última no está representada en estas Hojas)

Lewis y otros, han dividido esta formación en dos grupos: Grupo del Tireo inferior, y Grupo del Tireo superior. El Tireo inferior consiste de unos 4.000 m. de espesor, de tobas vítrico-líticas, masivas, verdosas, de composición básica, y coladas de basaltos con alto contenido en TiO<sub>2</sub>. Limolitas, calizas y chert, están intercaladas entre las tobas y lavas. El grupo del Tireo superior, al que se pasa insensiblemente, consiste en lavas y rocas piroclásticas de composición dacítica y riolítica (queratófidos). Estas rocas volcánicas félsicas se concentran en el entorno de los centros de emisión. Rocas del Grupo Tireo superior pasan, en la parte meridional (parte superior de este grupo) a rocas sedimentarias del Campaniano-Maastrichtiano del Grupo Peralta. Varios batolitos graníticos intruyen esta formación.

### 3.1.3.- Formaciones de la parte trasera del arco isla.

#### 3.1.3.1.- Formación Peralta.

Dolan y otros (1991), interpretan esta Formación como el depósito correspondiente a una cuenca situada en la parte trasera del arco isla, modificada posteriormente a prisma acrecional, durante el Eoceno, por el cabalgamiento oblicuo de la parte central de La Española, sobre la parte sur-occidental de la misma.

Esta unidad litológica, denominada Formación en sentido amplio (s.l.), con una edad entre el Coniaciano y el Pleistoceno, está representada por areniscas turbidíticas marinas, limolitas y calizas, y está representada en una banda de 320 km. de longitud, desde la parte norte de Haití, hasta la parte meridional-central de la República Dominicana.

Heubeck y otros (1991), y Dolan y otros (1991), han subdividido esta unidad en grupos: Grupo Peralta, del Paleoceno inferior al Eoceno superior; Grupo del Río Ocoa, del Eoceno medio al Mioceno inferior; Grupo Ingenio Caei, del Mioceno inferior al Pleistoceno.

### **3.2.- Unidades tectónicas de la Hoja. Sus rasgos y relaciones**

Las estructuras principales de la Hoja de Hatillo son de Este a Oeste:

- a) Tectónica de la Formación Los Ranchos (Loma La Naviza, Depresión de Zambrana, Loma La Cuaba).
- b) Cabalgamiento de Hatillo.
- c) Tectónica de la Formación Maimón y banda milonítica
- d) Complejo ofiolítico (Formación Peralvillo Sur y Formación Loma Caribe)

En las Fig. 3.2.1. y 3.2.2. se han representado el esquema regional y el esquema tectónico de las 12 Hojas que comprenden el presente proyecto. El corte geológico regional etalla en la Fig. 3.2.3.

#### a) Tectónica de la Formación Los Ranchos.

La Formación Los Ranchos ocupa la mitad septentrional de la Hoja de Hatillo. El cuadrante noroccidental está ocupado por la Loma La Cuaba, que es un estrato-volcán, cuya litología dominante son andesitas espilitizadas (espilitas del Platanal), que han sido posteriormente silicificadas. En la parte central de la mitad septentrional, se encuentra la depresión de Zambrana, que es una cubeta rellena y colmatada de sedimentos cuaternarios, y en la actualidad, en proceso de erosión por el fuerte encajamiento de los arroyos y la acción remontante de los mismos, debido al levantamiento generalizado de la Isla. En el cuadrante nororiental se sitúa la Loma de la Naviza, que es un estrato-volcán como el de la Loma la Cuaba pero sin esquistosidad ni hidrotermalismo, con una litología dominante de basaltos y andesitas espilitizadas (espilitas de la Naviza).

Las espilitas de la Loma la Cuaba se presentan fuertemente silicificadas, y con frecuencia argilitizadas, debido a intensa actividad hidrotermal. Las espilitas suelen presentar una esquistosidad penetrativa con buzamiento hacia el suroeste. Se observan pliegues con vergencia hacia el noroeste, con un buzamiento del plano axial superior a los 45 °.

En la parte septentrional de la depresión de Zambrana se presenta una roca ígnea, cristalina, ácida (tonalita), que no presenta ninguna deformación, y sí una meteorización con disyunción en bolas, que ha dado una edad, estudiada en el curso de este proyecto por el método U/Pb, de 115 Ma (Cretácico inferior. Barremiano)

En el cuadrante nororiental se localiza la Loma de La Naviza, que presenta coladas espilíticas y aglomerados volcánicos. Estos materiales volcánicos no presentan deformación penetrativa alguna, y si se presenta en las coladas una disyunción en bolos debido a su homogeneidad textural y falta de esquistosidad, y al espesor de las coladas (varios metros)

Parece existir una disminución de la deformación penetrativa en estas rocas de la Formación Los Ranchos, hasta llegar a desaparecer, según nos alejamos en dirección E-NE de la banda de intensa deformación y metamorfismo de la milonita de la Formación Maimón.

## b) Cabalgamiento de Hatillo.

Sobre la Formación Los Ranchos, mediante una discordancia erosiva, se apoya una secuencia litológica predominantemente sedimentaria, que se inicia con un conglomerado de pocos metros de espesor, y se continúa con una caliza arrecifal y de plataforma (caliza de Hatillo), y sobre ella una serie sedimentaria de tobas epiclásticas, calizas detríticas y areniscas grauváquicas (Formación Las Lagunas). Continúa hacia el Este, esta serie sedimentaria, a través de un potente conglomerado, con una serie esencialmente sedimentaria (Formación Don Juan).

El Cabalgamiento de Hatillo (bien visible en la carretera de Maimón a Cotuí, antes de llegar al paraje de Las Lagunas), pone en contacto mediante un plano de falla inversa, con un buzamiento de unos 30° hacia el suroeste, a la Formación Maimón con esquistosidad penetrativa y una litología de rocas volcánicas ácidas e intermedias, sobre la Formación Las Lagunas, de carácter sedimentario. La traza en superficie de este cabalgamiento, que tiene una dirección NO-SE, se prolonga durante varias decenas de kilómetros. El cabalgamiento de la Formación Maimón sobre la Fm. Las Lagunas es el accidente tectónico más llamativo, pero en realidad es un frente de cabalgamientos paralelos que se sitúan tanto en la Formación Maimón, como en la Formación Las Lagunas.

Las rocas más modernas sobre las que cabalga (en la Isla) son de edad Eoceno, y una intrusión de diorita de edad Eoceno (48,3 +/-0,3 Ma), corta el cabalgamiento. Al oeste de la ciudad de La Vega, (fuera de esta Hoja) sobre una intrusión de diorita semejante, se apoyan sedimentos oligocenos, por lo que la edad de esta falla se considera Eoceno.

A lo largo de esta falla son frecuentes las intrusiones de dioritas, como si ésta hubiera sido la vía de ascenso de estos magmás.

El buzamiento del Cabalgamiento de Hatillo parece verticalizarse según nos movemos hacia el suroeste, es decir, hacia la milonita de la Formación Maimón. Se basa esta consideración, en el progresivo aumento del buzamiento de la esquistosidad de la Formación Maimón, con unos 30° en la falla de Hatillo, a la vertical, 4km hacia el suroeste. El movimiento mayor de esta falla se considera que halla sido en la vertical, con algo de desplazamiento hacia el noreste, lo que sería semejante al desplazamiento que ponen de manifiesto los indicadores de movimiento, de la milonita de falla de la Formación Maimón.

c) Tectónica de la Formación Maimón y banda milonítica.

Los materiales de la Formación Maimón son, predominantemente, volcánicos (ácidos e intermedios) que forman el arco isla primitivo de La Española. Esta banda de materiales, denominada formación Maimón, se encuentra delimitada al norte por el Cabalgamiento de Hatillo, y al sur por el contacto discordante con la Formación Peralvillo Sur. Esta banda, tiene una dirección NO-SE y se extiende por las Hojas estudiadas de Bonaó, Hatillo y Villa Altagracia, y a lo largo de la Isla, con los nombres de Formación Tortúe y Amina. En un corte transversal de esta Formación desde el suroeste (contacto con la Formación Peralvillo Sur), hasta el Cabalgamiento de Hatillo en el noreste, se observa una disminución de la deformación penetrativa de la roca. Es el mismo criterio, solo que mucho más acusado, que se pone de manifiesto en la Formación Los Ranchos, que consideramos análoga solo que ésta, está más deformada.

Hacia el suroeste de la banda de la Fm. Maimón, se observa una ancha banda (en algunos puntos de más de un kilómetro de anchura) de una milonita, correspondiente a una fractura dúctil. Los indicadores del movimiento de esta falla, cuyo plano buza hacia el SO, parecen indicar un cabalgamiento hacia el N-NE, con una fuerte componente horizontal, como se observa en los afloramientos del río Ozama, en el sur de la Hoja. Se interpreta, como un movimiento transpresivo con cabalgamiento hacia N-NE. Al norte de la banda milonítica, la deformación penetrativa en la Formación Maimón va disminuyendo en dirección NE.

d) Complejo ofiolítico . Formaciones Peralvillo Sur y Loma Caribe.

Entre la milonita de falla de la formación Maimón situada al noreste, y el complejo Duarte con fuerte deformación y milonitización situada al suroeste (Hoja de Bonaó), se localiza en esta Hoja, la formación Peralvillo Sur y la formación Loma Caribe. Estas dos formaciones, junto con parte del denominado Complejo Río Verde (Hoja de Villa Altagracia), forman un complejo ofiolítico. Se encuentran en la parte superior del mismo, los basaltos masivos y cherts de la Formación Peralvillo Sur, en la parte intermedia, intrusiones de gabros así como diques de diabasas (una parte del Complejo Río Verde), y en la parte inferior las peridotitas de la Formación Loma Caribe. Este corte puede observarse en el Arroyo del Toro en el sur de la Hoja. Este complejo ofiolítico, se localizaría en una parte transtensiva de una falla en dirección, siendo similar al actual *rift* de la Fosa de Caimán. Este complejo ofiolítico sería de una edad Cretácico Superior, o más reciente (microfauna no

clasificada todavía, en los “cherts” de la Formación Peralvillo Sur), y habría sido puesto en su posición morfológica elevada actual, merced a la tectónica transpresiva del Mioceno.

### **3.3.- Secuencia de la deformación, y análisis de las estructuras tectónicas**

La correlación estratigráfica y las relaciones estructurales entre las Formaciones sugiere la siguiente secuencia de deformación:

Cretácico inferior hasta Aptiano. Plutonismo, volcanismo y metamorfismo, principalmente en un ambiente submarino.

El crecimiento del arco isla primitivo, está registrado por la estratigrafía de los terrenos expuestos, sobre las dos terceras partes septentrionales de La Española. La parte basal del arco isla está representada por las metabasítas del Complejo Duarte.

Se interpreta el volcanismo y las rocas relacionadas, de la Formación Maimón y los Ranchos como acumulaciones volcánicas y sedimentarias del arco isla primitivo, sobre la corteza oceánica representada por los terrenos del Complejo Duarte. Así las estructuras existentes en la Formación los Ranchos previas a la intensa deformación que experimenta, y localizada a lo largo de la Zona de Falla de La Española, son los estrato-volcanes que conforman La Loma de la Naviza y la Loma La Cuava.

Levantamiento regional y erosión en el Aptiano, del arco isla, en la parte Oriental de La Española (al este de las peridotitas) y Puerto Rico.

Aptiano-Albiano.

Levantamiento y erosión del arco isla.

Este hecho está contrastado en la Fm. Los Ranchos, en la mina de La Rosario Dominicana, por una discordancia erosiva, que separa al primitivo arco isla, de una caliza arrecifal de aguas someras, masiva, de edad Aptiano-Albiano (Caliza de Hatillo y Las Cañas). Sobre estas calizas se apoya concordante, una formación de tobas, tobas epiclásticas, y calizas detríticas (Fm. Las Lagunas). Es notable en esta formación la abundancia de piroclastos y calizas detríticas, y la muy escasa o nula presencia de coladas. Lebrón (1989), correlaciona estas calizas con otras en Puerto Rico (Calizas de Río Matón) en un contexto similar al de La Española.

Al final del Cretácico inferior, posiblemente, se inicia el importante desgarre que origina la intensa deformación y rocas miloníticas de la Fm. Maimón y Complejo Duarte. Como se ha indicado en epígrafes precedentes este desgarre tiene continuidad en el tiempo, lo que da lugar a que se puedan considerar dominios geológicos diferentes a ambos lados del mismo. La diferente evolución en el tiempo de estos dos dominios se contempla en el apartado nº 5 de la Historia Geológica. Estos dos dominios están separados, actualmente, por el complejo ofiolítico desmembrado, de la peridotita de Loma Caribe, la Formación Peralvillo Sur, y Complejo Río Verde y Fm. Siete Cabezas (en parte).

Las estructuras son simétricas a ambos lados de la zona de desgarre, ocupada actualmente por el complejo ofiolítico, pero los ambientes geológicos son muy diferentes a ambos lados, como corresponde a áreas geográficas alejadas.

Las estructuras presentes en esta Hoja han sido descritas en el apartado anterior, tratando ahora de su ordenación en el tiempo y su edad. Esta sería:

- 1º.- Iniciación del desgarre, con la generación de la deformación penetrativa y de las rocas miloníticas en el Complejo Duarte (en el dominio occidental), y en la Formación Maimón (en el dominio oriental).
- 2º.- La intrusión de las tonalitas, en el Complejo Duarte, sometidas a un campo de esfuerzos importante como es el que origina el desgarre, dando lugar a la foliación magmática de éstas.
- 3º.- Generación e intrusión del complejo ofiolítico, formado por la peridotita de Loma Caribe, Formación Peralvillo Sur, y Complejo Río Verde y Formación Siete Cabezas (en parte).
- 4º.- Cabalgamientos de Hatillo, en el dominio oriental; y en el dominio occidental, el cabalgamiento del Complejo Duarte sobre la Formación Tireo, y cabalgamientos dentro de la Formación Tireo de dirección N-S y vergencia al Oeste.
- 5º.- Fallas de desgarre sinestrales subparalelas, de dirección sensiblemente E-O.

Esta sería la secuencia de deformación.

Analizamos a continuación la datación de estas estructuras. Se ha de tener en

cuenta la continuidad en el tiempo de este desgarre. Es notorio que la deformación dúctil afecta a la Formación Los Ranchos que tiene dataciones paleontológicas de edad Barremiano (Cretácico inferior). No podemos afirmar que las Calizas de Hatillo y Las Cañas son posteriores a esta fuerte deformación penetrativa, pues depende de su ubicación geográfica.

Las tonalitas foliadas, que han dado edades absolutas entre el Cenomaniano y el Coniaciano (Cretácico Superior), reflejan un importante campo de esfuerzos, y la actividad de este desgarre. Son sin embargo las rocas del Complejo ofiolítico, peridotita de Loma Caribe, Formación Peralvillo Sur, y Complejo Río Verde y Formación Siete Cabezas (en parte), las que no presentan una deformación penetrativa generalizada y sí bandas de deformación “de visu” (de decamétricas a centimétricas), y también al microscopio. En cuanto a dataciones paleontológicas se tienen de niveles de chert de la Formación Siete Cabezas mediante radiolarios dando edades comprendidas entre el Cenomaniano y el Senoniano inferior, Boisseau (1987). Sinton et al. (1998) mediante una datación  $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$  obtiene una edad de 67 ma.(Maastrichtiano). En la Formación Peralvillo Sur, con indudables características geoquímicas atribuibles a un complejo ofiolítico, se localizan niveles de chert (cartografiados en esta Hoja) con radiolarios todavía no clasificados pero que se consideran de la misma edad que los de la Formación Siete Cabezas.

Se ha de establecer en consecuencia, que existe un régimen transpresivo en el desgarre hasta el final del Cretácico inferior, iniciándose en el Cretácico superior un régimen transtensivo que origina los materiales del Complejo ofiolítico.

En el dominio geológico situado al Este, está puesto de manifiesto por sus litologías el régimen distensivo del Cretácico superior con la Fms. Hatillo y las Lagunas, sin embargo en el dominio situado al Oeste tenemos los cuerpos intrusivos de tonalitas y la Fm. Tireo.

Las estructuras correspondientes a los Cabalgamientos de Hatillo, en el dominio oriental, y los cabalgamientos de la Fm. Duarte sobre Tireo, y el cabalgamiento de la Fm. Tireo sobre Tireo en La Boca de Blanco, así como el cabalgamiento de La Yautía en la Hoja de Arroyo Caña, se cree corresponden a una importante etapa transpresiva en el movimiento de la falla de desgarre, ocupada por el complejo ofiolítico, que tiene lugar en el Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno). Los cabalgamientos de Hatillo, situados en el dominio oriental, tienen vergencias hacia el noreste, y son anteriores al Eoceno medio. El

cabalgamiento del Complejo Duarte sobre la Fm. Tireo es posterior a esta Formación que tiene materiales datados como Maastrichtiano. Análogamente en el cabalgamiento de Boca de Blanco se encuentran implicadas unas calizas de la Fm. Tireo de edad Maastrichtiano. Las rocas implicadas en este cabalgamiento, así como las del de La Yautía, en la Hoja de Arroyo Caña, que se considera de la misma edad que estas otras, por afectar a una tonalita de edad post-Maastrichtiano, presentan deformación penetrativa.

Desde el Mioceno a la actualidad. La tectónica de desgarres, tiene como principales elementos en La Española, la falla Septentrional por el norte y la de Enriquillo por el sur (fig. 3.1-1) . Esta microplaca está desde el Mioceno medio en un proceso de escisión de la placa caribeña y de acreción a la placa norteamericana. La apertura del surco de Caimán se inició a partir del Eoceno medio en un contexto transtensivo, como consecuencia de la prolongada convergencia oblicua entre la plataforma de Las Bahamas y el Gran Arco Isla del Caribe. Este proceso culminó a partir del Mioceno superior en un contexto transpresivo.

La placa del Caribe se mueve hacia el Este en relación a las placas de Norteamérica y Suramericana. Este movimiento se realiza en La Española, por la falla sinistral Septentrional y por la falla dextral de Enriquillo por el Sur, y por los cabalgamiento de dirección NO-SE, con vergencia hacia el SO.

En el área de la Hoja, las estructuras relacionadas con la tectónica de desgarre corresponden principalmente con las fallas de dirección media E-O, y con las de dirección NO-SE. Las fallas E-O corresponden a fallas sinestrales. Las fallas de dirección NO-SE son más abundantes en esta zona y son desplazadas por las de dirección E-O, en este área, de menos importancia. Las fallas de dirección NO-SE forman la mayoría de los límites entre los principales terrenos o unidades cartográficas, y de hecho se interpretan como contactos previos, que por su orientación favorable han sido reactivados como fallas de componente sinistral inversa, durante la transpresión de finales del Neógeno (Mann et al. 1984).

Durante esta época transpresiva, se localizan pequeñas áreas transtensivas, que dan lugar al volcanismo alcalino, localizado en el Cinturón de Peralta y en la Fm. Tireo. Se produce también la elevación generalizada de la Isla, que da lugar en las costas, a la formación de terrazas de calizas arrecifales elevadas a diferentes niveles. Asimismo se produce actualmente la intensa erosión de las cubetas cuaternarias.

## **4.- GEOMORFOLOGIA**

### **4.1.- Descripción fisiográfica**

La Hoja de Hatillo (6172-I) se sitúa en la conjunción del Valle del Cibao, la Sierra de Yamasá, que es la que enlaza el Macizo Central de la Cordillera Central con la Cordillera Oriental y el Macizo Central propiamente dicho.

El Centro-Norte de la Hoja está ocupado por el extremo oriental del Valle del Cibao que lo constituye el Valle de la Vega Real y la cuenca de Zambrana. El resto de la Hoja está ocupado por las estribaciones medias de la Sierra de Yamasá y un mínimo ángulo al SO de la Hoja lo constituyen los relieves del Macizo Central.

Las elevaciones más importantes de la Hoja se sitúan precisamente en el ángulo SO, con el punto más alto en Loma Las Cabirmas de 775 m. En el resto de la Hoja las máximas elevaciones oscilan entre los 400 y los 600 m. excepto el pico de la Naviza, al NE, con 680 m. Otras altitudes son: Loma La Cuaba (577 m.), Loma El Rayo (570 m.), Loma La Mina (465 m.), Loma Marianchico (442 m.), El Mogote (438 m.), etc. las cotas más deprimidas se encuentran en la Cuenca del Centro-Norte, todas ellas por debajo de 100 m., con 86 m. al sur de Zambrana Abajo como punto más bajo.

El clima dominante es de tipo tropical húmedo, algo suavizado por el hecho de ser una isla. No existe invierno, únicamente temperatura seca (o menos lluviosa) (Diciembre-Marzo) y temporada lluviosa (Abril-Junio). Las temperaturas medias durante el mes de Agosto se encuentran alrededor de los 26° C y durante el mes de Enero entre 20° C y 22°C. El promedio anual de temperaturas máximas es de unos 31° C y el de temperaturas mínimas de 22° C. Los máximos pluviométricos anuales se sitúan en el extremo SO de la Hoja con 2.250 mm. y la cifra va variando diagonalmente hacia el extremo NE con cifras por debajo de los 2.000 mm. En esta zona la media de días de lluvia al año es de 153,4.

La red hidrográfica de la Hoja pertenece en el tercio Sur a la cuenca hidrográfica del Río Ozama y en la parte Norte a la del Río Yuna.

El Río Ozama aparece en un pequeño tramo al SO de la Hoja, recorre la Hoja de Villa-Altigracia, al Sur de ésta, y vuelve a aparecer por el extremo SE de la Hoja. Se

encuentran una serie de pequeños arroyos que van a verter sus aguas al Río Ozama, que recorren el Sur de la Hoja con una dirección aproximada NO-SE. Entre estos arroyos están: Arroyo Colorado, Arroyo Mato, Arroyo Claro, Arroyo la Cuaba, Arroyo Juana Tubí y Arroyo El Salto, entre otros.

El Río Yuna recorría un territorio muy pequeño de la Hoja, por su parte NE, ahora ocupado por el embalse de Hatillo. A dicho embalse van a parar asimismo una serie de arroyos, como Arroyo Margajito, Arroyo Piedra Imán, Arroyo Grande, Arroyo Pedro, Arroyo El Toro, Arroyo Plátano, etc... todos ellos procedentes de Loma La Cuaba. También pertenecientes a la cuenca hidrográfica del Yuna son el Río Maguaca, que recorre gran parte del Centro y Norte de la Hoja, y el Río Chacuey, que atraviesa a su vez el Este y Norte de la Hoja. Ambos ríos discurren en gran parte por una pequeña cuenca cuaternaria y en ellos desembocan numerosos pequeños arroyuelos que cubren una superficie muy importante de la Hoja.

En la mayoría de los casos los ríos y arroyos de las dos cuencas hidrográficas que discurren por la Hoja son estrechos, relativamente encajados, sin terrazas o de dimensiones no cartografiables, y con muy escasos depósitos de fondo de valle.

## **4.2.- Análisis morfológico**

En este apartado se trata el relieve a partir de dos aspectos fundamentales: uno de carácter estático o morfoestructural y otro dinámico. El primero considera el relieve como una consecuencia del sustrato geológico y la disposición del mismo, y el segundo analiza la importancia de los procesos exógenos sobre dicho sustrato y sus características.

### **4.2.1.- Estudio morfoestructural**

Los tres grandes dominios morfoestructurales que constituyen la Hoja de Hatillo son: los relieves medios de la Sierra de Yamasá, los grandes relieves del Macizo Central y las llanuras de la depresión de Zambrana. De ellos se puede decir que aproximadamente el 25-30 % de la superficie de la Hoja está ocupada por los depósitos cuaternarios de la depresión de Zambrana, el 2-3% por los relieves de las rocas ultrabásicas del Macizo Central y el resto, que es la mayor parte de su superficie, por las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de la Sierra de Yamasá.

Además de por el sustrato geológico la geomorfología de la Hoja está condicionada por la estructura tectónica de la misma. Existen una serie de accidentes tectónicos como fallas y cabalgamientos, entre los que el más destacado es el Cabalgamiento de Hatillo, de edad Cretácico superior-Eoceno, de dirección NO-SE, que son paralelos a las grandes estructuras de la Cordillera Central y que condicionan el relieve de la Hoja. Esto sucede especialmente en la mitad Sur de la misma, donde la red hidrográfica sigue esas direcciones. Posteriormente la tectónica de desgarres, activa en la isla desde el Mioceno superior hasta la actualidad (Mann et al., 1991) vuelve a hacer funcionar algunos de estos accidentes y genera otros nuevos de direcciones ONO-ESE y ESE-ONO y NO-SE y NE-SO. Gran parte de los cursos fluviales siguen en la actualidad dichas directrices.

Dentro de los relieves de la Sierra de Yamasá, la mitad Norte de la Hoja, interrumpida en su parte central por la depresión de Zambrana, está ocupada por los depósitos de la Formación Los Ranchos. Esta formación está constituida por una serie de miembros que están formados fundamentalmente por rocas lávicas y volcanoclásticas submarinas en gran parte ácidas o muy silicificadas. En conjunto son rocas masivas, bastante resistentes a la erosión, especialmente en todo el área NO de la Hoja, Loma La Cuaba, donde la silicificación es muy fuerte. Este afloramiento de Loma La Cuaba es más o menos circular, con un punto central ocupado por una superficie de erosión a unos 500 m. de altitud de la que parte una red de arroyos en disposición radial. En la parte NE puede ocurrir algo similar, pero no tan marcado, con la Loma La Naviza, adoptando la red una disposición dendrítico-radial. Las pendientes en toda la Formación Los Ranchos se encuentran entre el 10% y el 30%, excepto en algunas laderas en donde pueden ser más fuertes, superando el 30%. El relieve no obstante es algo más abrupto y menos alomado que en el resto de la Hoja.

Un área importante del cuadrante SO de la Hoja se encuentra ocupado por la Formación Maimón, de edad Cretácico Inferior, constituida fundamentalmente por esquistos procedentes de rocas volcánicas y volcanosedimentarias, con una banda de milonitización de anchura kilométrica, de dirección NO-SE. Excepto en zonas de altas cumbres en cuyas laderas las pendientes son superiores al 30%, en el resto del afloramiento el relieve se presenta muy alomado, con pendientes suavizadas de entre 10 y 30%, con valles en V no excesivamente pronunciados y donde una serie de arroyos siguen las directrices NO-SE; los esquistos pueden estar a veces bastante alterados dando suelos arcillosos de hasta 1 o 2 metros.

La Formación Peralvillo Norte, al Sur de la Hoja, se encuentra flanqueada por cabalgamientos y está constituida por tobas y coladas, predominantemente andesíticas. Los relieves son también alomados y los cursos de agua siguen asimismo las estructuras ENE-OSO.

En el ángulo SE se encuentran los depósitos sedimentarios del Terciario de la Formación Don Juan. Son limolitas, areniscas, calizas y conglomerados subordinados. Son materiales relativamente blandos dando relieves alomados, con pendientes entre el 10 y el 30%; en alguna zona los niveles de calizas pueden dar pendientes superiores al 30%. Aquí también la red hidrográfica sigue direcciones aproximadas a la E-O y también NO-SE y NE-SO. A menudo se observan suelos de tonos pardos o marrones de hasta 2 m.

La Formación Las Lagunas, de edad Cretácico Superior, situada en la parte central de la Hoja, está también constituida, como la anterior, por limolitas, areniscas, calizas y conglomerados. El relieve es similar al del caso anterior, dando también lugar a suelos arcillosos. La red lleva direcciones predominantes NO-SE y NE-SO.

Las Formaciones de Calizas de las Cañas y Calizas de Hatillo que se encuentran al NO de la Hoja en pequeños afloramientos, a menudo dan lugar a pequeños cerros que destacan sobre el relieve, con pendientes superiores al 30%.

En el ángulo SO afloran las peridotitas correspondientes a la Formación Loma Caribe, presentando muy fuertes pendientes, con la red hidrográfica muy encajada y cuyo contacto con el resto de las formaciones es por falla de dirección NO-SE. Estos relieves corresponden al flanco oriental de Loma Peguera, situada en la Hoja de Bonaó.

El área Centro-Norte de la Hoja está ocupada por la cuenca de Zambrana constituida por sedimentos pleistocenos, fundamentalmente limosos, cortados por la red actual, algo encajada; los ríos más importantes son el Chacuey y el Maguaca, ambos de la cuenca del Yuna. Los cauces son estrechos, con escasos depósitos de fondo de valle, no presentan terrazas y el trazado de la red de arroyos presenta un aspecto dendrítico. La pendiente de la cuenca oscila entre el 5 y el 10%, presentando una suave inclinación desde los bordes hacia el centro de la misma. Algunos arroyos también siguen las directrices estructurales, con direcciones norteadas y NO-SE y NE-SO. Otras pequeñas cuencas con el mismo tipo de depósitos son las del Río Ozama, al SE de la Hoja y la de los ríos Sin y Margajito, al E de la

misma.

El único afloramiento de cierta extensión, de rocas plutónicas, es el de las tonalitas de La Cabirma, al Norte de la Hoja. Presentan un pequeño frente de alteración de 1-2 m. y es típica su disyunción en bolos, en ocasiones de casi 1 m. de diámetro.

En la Hoja las únicas formas conservadas que se encuentran directamente relacionadas con procesos endógenos son de origen estructural y se describen a continuación.

#### 4.2.1.1.- Formas estructurales

Las formas estructurales con mayor presencia en la Hoja son las fallas con expresión morfológica. Bajo este epígrafe también se encuentran incluidas otras estructuras como los cabalgamientos. Existen una serie de estructuras de edad Eoceno (Lewis et al., 1991) de direcciones NO-SE, que pueden tener un reflejo morfológico como ocurre con la falla que delimita las peridotitas de Loma Caribe, donde cambia bruscamente la pendiente o el cabalgamiento de la Formación Maimón que coincide a “grosso modo” con aristas, etc.

Como se ha señalado previamente hay una serie de direcciones estructurales en la Hoja que se corresponden con la tectónica de desgarres que comienza a funcionar a partir del Mioceno superior. Numerosos cursos de agua han aprovechado estas líneas de debilidad para discurrir por ellas.

A modo de ejemplo se pueden citar una serie de cursos con direcciones NO-SE en la cuenca del Río Ozama como son Arroyo Claro, Arroyo Colorado, Arroyo Cuanzo, Arroyo Gallina o Arroyo Majagua; el río Ozama, en parte de su recorrido, lleva una dirección ENE-OSO coincidente con una falla supuesta con expresión morfológica.

En la cuenca del Río Yuna se pueden citar algunos arroyos de direcciones NO-SE o NE-SO como Arroyo Buerta, Arroyo Ceboruco, Arroyo Plaza o Arroyo Herradura.

#### 4.2.2.- Estudio del modelado

Se analizan en este apartado las formas distinguidas en la Hoja, tanto erosivas como de acumulación que han sido originadas por la acción de los procesos externos. Se realiza una descripción agrupada en función de su génesis. En la caracterización de los depósitos se integran todos los datos recogidos respecto a sus características geométricas, litológicas y de correlación con otras formas.

##### 4.2.2.1.- Formas fluviales

Las formas fluviales de acumulación que se han distinguido en la Hoja corresponden a fondos de valle y a planicies de inundación.

Los fondos de valle representan los depósitos más ligados a los cauces actuales. Son en líneas generales estrechos, desde 2-3 m a como máximo 10 m. de anchura, y con escasa potencia, raramente alcanzan los 3-4 m. Normalmente aparecen encajados en los depósitos de glaciares o rellenos de cuenca consistentes en limos y arcillas pardo-rojizas.

El grado de encajamiento varía dependiendo de su proximidad a las sierras fuente, así p.e. los Ríos Sin o Los Martínez próximos a las peridotitas o los Arroyos Guayanón o Ceboruco próximos a las sierras que circundan la depresión de Zambrana, aparecen encajados de 1 a 3 m., mientras que en el centro de las cuencas el Río Chacuey o el Río Maguaca se presentan encajados 3-4 m. Del mismo modo los ríos próximos a grandes relieves llevan granulometrías algo más gruesas, como ocurre p.e. en el Río Sin, próximo a la peridotitas donde se han observado bloques aislados, subredondeados, de hasta 1 m., cosa que no ocurre en otros puntos de la red. En este río las litologías son de rocas peridotíticas o serpentínicas y de la Formación Maimón, predominando los cantos de entre 7 y 10 cm. y las gravas, sobre arenas y arcillas. En el Arroyo Los Martínez también predominan los cantos de hasta 10-12 cm. Los pequeños arroyos que van a desembocar al Río Chacuey o al Río Maguaca presentan pequeños fondos de valle donde predominan las arenas y gravas con algunos cantos sueltos; muy esporádicamente puede llegar a 20-30 cm., siendo sus litologías pertenecientes a los distintos miembros de la Formación Los Ranchos.

Los pequeños arroyos que van a parar al embalse de Hatillo presentan

granulometrías más finas p.e. el Arroyo Margajito lleva depósitos limo-arcillosos con arenas finas; algunos arroyos que arrancan de Loma La Cuaba van directamente encajados en la roca sin presentar en su fondo depósito alguno.

Los pequeños arroyos del SE de la Hoja que vierten sus aguas al Río Ozama llevan granulometrías finas, debido posiblemente a la alteración y a la granulometría de las rocas por donde pasan. Así Arroyos como Batey, Las Lagunas, Higuero, etc. presentan granulometrías de limos y arenas con algunos cantos aislados.

El Río Ozama arrastra a esta zona granulometrías de cantos pequeños y gravas con arenas y limos subordinados.

Las planicies de inundación señaladas a la escala de trabajo son escasamente significativas y han sido señaladas fundamentalmente en las zonas más llanas de los cursos del Río Maguaca y del Río Chacuey.

Entre las formas erosivas fluviales destacan las directamente relacionadas con el encajamiento de la red, como es la incisión lineal. Esta no es excesivamente importante, generando relieves intermedios de laderas con pendientes entre el 10 y el 30%; únicamente en algunas cumbres las laderas superan el 30%. En el conjunto de la Hoja la red tiene una disposición dendrítica, no muy apretada, aunque localmente pueda ser paralela o radial. Los interfluvios muestran formas consecuentes con el comportamiento de la red, siendo habitualmente alomados y de formas suavizadas; solamente en el tercio Sur de la Hoja a veces los interfluvios se presentan como aristas más o menos pronunciadas.

Los procesos de erosión lateral del cauce se concentran en los tramos donde los cursos presentan un trazado meandriforme coincidiendo con zonas donde el sustrato es más blando y la pendiente muy suavizada, como ocurre en la parte central del recorrido del Río Maguaca.

#### 4.2.2.2.- Formas poligénicas

Las formas de acumulación de origen poligénico en la Hoja están representadas por los glacis.

Litológicamente están constituidos por limos y arcillas con arenas finas y finas pasadas de formas lenticulares de gravas y algún canto pequeño. Sus tonos son pardo-rojizos o pardo-amarillentos dependiendo del área fuente. Su superficie a menudo erosionada presenta suaves pendientes que articulan los relieves de las sierras con las zonas deprimidas. En algunos casos especialmente en la cuenca de Zambrana representan abanicos aluviales coalescentes que en el interior de la cuenca en las áreas más distales pueden significar rellenos de colmatación de la misma, siendo luego en el Holoceno incididos por la red actual de drenaje. Sus máximas potencias visibles pueden alcanzar entre los 15 y 20 m. Se concentran fundamentalmente en la cuenca de Zambrana, con más de 50 km<sup>2</sup> de extensión, la del Río Ozama al SE de la Hoja, la del Río Sin y Arroyo Los Martínez al O y la de Arroyo Margajito al NO.

Como formas poligénicas no deposicionales cabe mencionar la existencia de algunas superficies de erosión que se presentan muy desmanteladas, apareciendo a modo de relictos en algunas líneas de cumbres como pueden ser las de La Naviza, a una cota de alrededor de 600 m., Loma La Cuaba, con una altitud de unos 540 m., ambas en la Formación Los Ranchos, y La Mina, en la Formación Maimón, con cotas de unos 460 m.

Se han distinguido asimismo algunas grandes aristas al NE de la Hoja como las de la Loma El Mogote o Loma Los Mameyos que probablemente representen superficies de erosión definitivamente desmanteladas.

En la zona NE de la Hoja, también sobre la Formación Los Ranchos se han señalado sendos inselbergs que constituyen relieves relictos que ocurren en las aristas de interfluvios, con morfologías cónicas o subpiramidales.

#### 4.2.2.3.- Formas kársticas

Las formas kársticas adquieren un escaso desarrollo en la Hoja circunscribiéndose al extremo NO de la misma. Corresponden a algunos mogotes y a rellenos de depresiones kársticas.

En las proximidades al embalse de Hatillo en las formaciones de Las Calizas de Hatillo, al Oeste de Colorado o en la Loma de Jenjibre, y de las Calizas de las Cañas, al NO de la Hoja, se desarrollan un conjunto de mogotes, también denominados torres o pináculos,

con formas hemiesféricas, que representan un estado relativamente avanzado de karstificación típico de las zonas tropicales, donde el karst evoluciona con bastante rapidez.

El relleno de depresiones kársticas es destacable en el borde NO de la Hoja sobre la Formación calizas de Las Cañas. Consiste en arcillas y limos rojizos debido a la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, producto de la decalcificación de las calizas.

#### 4.2.2.4.- Formas antrópicas

Se ha señalado un área en el mapa que corresponde a una zona de vulnerabilidad a la contaminación minera pues debido a las explotaciones de la Mina Rosario los pequeños arroyos procedentes de la zona de labores mineras que van a desembocar al Arroyo Margajito y del mismo modo este arroyo, aparecen fuertemente contaminados con los lixiviados procedentes de los sulfuros polimetálicos.

### 4.3.- Evolución dinámica

La estructura general que actuó como base para la formación del relieve de la isla tal como se ofrece en la actualidad se conformó durante el Neógeno, etapa en la que la paleogeografía de la isla era ya relativamente parecida a la actual.

La acción de los procesos que influyen en la creación y modelado del relieve actual se mantiene activa desde el Neógeno. En este sentido hay que destacar el papel de la estructuración del sustrato. Esta estructuración se define a partir del Mioceno superior, momento en que comienza a funcionar en la isla, en un contexto transpresivo, una tectónica de desgarres durante la cual vuelven a funcionar accidentes formados en el Eoceno y se crean otros nuevos. En esta Hoja, además de la reactivación de los accidentes NO-SE, ya existentes, estas estructuras se traducen en fallas de direcciones ONO-ESE y ESE-ONO próximas a la E-O y fallas de direcciones NE-SO, además de fallas con direcciones norteadas.

Este modelo tectónico, que sigue vigente hasta la actualidad, es el que condiona en gran medida la estructuración de la red hidrográfica, elemento importante en la caracterización del paisaje. Estos accidentes tectónicos son los que también dan lugar a la formación de pequeños “graben” o cuencas intramontanas en diferentes puntos de la

Cordillera Central, y a valles como el del Cibao cuyo extremo SE corresponde a la cuenca de Zambrana.

La litología del sustrato sólo influye pequeñas diferencias en el relieve de la Hoja. Así en la parte Norte de la zona de trabajo las rocas de la Formación Los Ranchos, más resistentes que las del área Sur, dan laderas con pendientes algo superiores, interfluvios más agudos, disposición radial de la red en algunas zonas y una red más dispersa, menos apretada.

Los procesos de mayor incidencia sobre el modelado derivan directamente del establecimiento de la red de drenaje. El levantamiento mantenido de la isla, unido al régimen torrencial de lluvias bajo un clima tropical, propicia el encajamiento de los cursos hidrográficos y el rápido desmantelamiento de las formas más antiguas. La actividad erosiva originada a partir de la instalación de la red se manifiesta por el predominio de formas de origen fluvial: incisión lineal, interfluvios en aristas, erosión lateral de los cauces, etc. Los fondos de valle representan los depósitos ligados a la actual dinámica fluvial; su encajamiento refleja el sucesivo descenso del nivel de base provocado por el levantamiento de la isla.

Las formas poligénicas se encuentran en relación con procesos que registran una actividad muy prolongada en el tiempo, de modo que las más antiguas raramente se preservan. Las superficies de erosión se conforman durante el Pleistoceno, fundamentalmente, donde tienen lugar largos periodos de erosión. Sólo queda algún retazo de estas superficies a cotas de entre 460 y 600 m.

En alguna de estas superficies destacan localmente inselbergs, que constituyen elevaciones relictas preservadas de la erosión.

La formación de los depósitos de glaciares es más reciente (Pleistoceno-Holoceno) y están en relación con los procesos de colmatación de las cuencas intramontanas.

#### **4.4.- Morfodinámica actual-subactual, tendencias futuras y riesgos geológicos**

La evolución actual y futura del relieve está condicionada por la elevación constante de la isla. Este fenómeno provoca un continuado rejuvenecimiento orográfico de modo que a

pesar de la intensa actividad erosiva desarrollada bajo un régimen de lluvias torrenciales sobre un sustrato muy alterado debido al clima tropical imperante, no se tiende a alcanzar la madurez del relieve produciéndose un continuo relevo de las formas de erosión y depósito sin que varíe sensiblemente el modelado de la región.

La morfología actual-subactual está marcada principalmente por la incisión de la red de drenaje, generándose encajamientos pronunciados y denotando un gran potencial de erosión y transporte de sedimentos.

La tendencia futura es a una mayor jerarquización de la red y desaparición de las formas poligénicas antiguas, especialmente los vestigios de superficies de erosión. En las cuencas cuaternarias, especialmente en la de Zambrana, que representan áreas de acúmulo de sedimentos cuaternarios, se inicia en la actualidad una etapa de vaciado evidenciada por el establecimiento de una red de drenaje también encajada.

Los riesgos geológicos más importantes consisten en inundaciones o avenidas.

Las áreas con riesgo más elevado de avenidas corresponden a los fondos de valle, concretamente en las zonas de cuenca, como la de Zambrana, o las del Río Margajito o Río Sin, pues a todas ellas van a parar los volúmenes de agua recogidos en las áreas de cabecera, y son muy elevados en épocas de ciclones o grandes lluvias p.e.

Los fenómenos de inestabilidad en laderas se circunscriben en el caso de esta Hoja a algunas zonas altas de laderas con fuertes pendientes, pues en el resto de las zonas montañosas, debido a las pendientes relativamente más suaves, es menos probable que estos fenómenos adquieran una relevancia importante; estos riesgos serían más factibles en taludes artificiales.

En cuanto al riesgo de sismicidad en la zona, éste alcanza un nivel bajo o moderado en la misma y vendría determinado por el juego de alguna falla que acompaña a cualquiera de las grandes fallas activas en la isla.

## **5.- HISTORIA GEOLÓGICA**

### **5.1.- Contexto geológico**

La historia geológica de la Hoja de Hatillo hay que encuadrarla, previamente, en una zona más amplia, como puede ser la del cuadrante a escala 1:100.000 de Bonao, en donde se encuentra incluida esta Hoja. En éste área, se pueden considerar tres dominios geológicos diferentes desde el punto de vista paleogeográfico, ya que si en la actualidad se presentan contiguos, parece se originaron en áreas alejadas. Fig.5.1.-I.

Dominio A). En la parte oriental, tendríamos los materiales del Arco Isla Primitivo, de edad Cretácico inferior y características geoquímicas de serie toleítica, y las series sedimentarias posteriores suprayacentes. Incluiría las Formaciones: Maimón, Los Ranchos y Peralvillo Norte, correspondientes a las formaciones volcánicas del Arco Isla Primitivo, y las formaciones sedimentarias suprayacentes como las Formaciones: Hatillo, Las Lagunas, Don Juan, y Los Bañitos.

Dominio B). En la parte central estaría el complejo ofiolítico, representado por las Formaciones Loma Caribe, Complejo Rio Verde, Peralvillo Sur, y Siete Cabezas, cuya edad se considera del inicio del Cretácico superior.

Dominio C). A poniente del complejo ofiolítico se situaría el Complejo Duarte, y el arco isla del Cretácico superior, con características geoquímicas calcoalcalinas, de la Formación Tireo.

Estos tres dominios geológicos se consideran diferentes tanto por su ambiente paleogeográfico, como por su separación, geográfica en sus orígenes.

### **5.2.- Evolución geológica, en el área de la Hoja de Hatillo**

La Hoja de Hatillo se localiza en el dominio A, incluyendo en su parte sur-occidental parte del dominio B.

### 5.2.1.- Jurásico superior (?) -Cretácico inferior

Las rocas más antiguas, datadas por radiolarios, encontradas en La Española, son del Jurásico superior (Montgomery et al.1994). Pertenecen al Complejo Duarte, que se localiza al oeste de este dominio, fuera de esta Hoja. En la hipótesis de considerar a las peridotitas como la parte inferior de la corteza oceánica, éstas serían de edad jurásica, y esto equivaldría a negar su carácter de complejo ofiolítico intrusivo, y consecuentemente la relación de las peridotitas con los gabros y diques de diabasas incluidos en ellas, así como los “cherts” y basaltos submarinos adyacentes a las peridotitas, y correspondientes a las Formaciones: Río Verde, Peralvillo Sur, y parte de Siete Cabezas. Por tanto, aquí se considera la hipótesis de atribuir a las peridotitas presentes en esta Hoja, una edad correspondiente a la parte inferior del Cretácico superior, como consecuencia de la evolución que se expone a continuación en este capítulo.

#### 5.2.1.1.- Arco isla primitivo. Cretácico inferior.

La mayor parte de la Hoja se encuentra ocupada por los materiales toleíticos del Arco Isla Primitivo, representados por espilitas y queratófidos. Se ha sugerido que las rocas del Arco Isla Primitivo del Cretácico inferior, se formaron en un arco, con subducción de la placa hacia el Este, que se extendía con dirección norte-sur entre la América del Norte y la del Sur. Las dataciones más antiguas de estos materiales, son del Cretácico inferior (Neocomiano), edad que se corresponde con la de las series litológicas análogas de Las Grandes Antillas (Cuba, La Española, Jamaica y Puerto Rico).

Los materiales de este arco isla, se corresponden en esta Hoja, con los de las Formaciones: Maimón, Los Ranchos, y Peralvillo Norte, diferenciadas éstas, principalmente, por su grado de deformación penetrativa, desde la banda milonítica de la Formación Maimón, disminuyendo esta deformación hacia la parte oriental de la Hoja, hasta las espilitas de la Naviza de la Formación Los Ranchos, carentes de esquistosidad. Es al final del Cretácico inferior, cuando cesa la actividad del arco isla primitivo. En ese momento al cesar la subducción, se transforma en falla transpresiva, dando lugar a la franja milonítica de la Formación Maimón, y a la banda milonítica del complejo Duarte, a ambos lados de la falla transpresiva, con manifestaciones de falla inversa, cabalgando la corteza oceánica del Complejo Duarte, sobre la formación volcánica del arco isla. Esta fractura transcurrente tiene continuidad en su actividad a lo largo del tiempo, dando lugar a una denominada estructura

en flor (flower structure), con vergencia de los cabalgamientos en ambos sentidos, a partir del eje de la banda milonítica, implicando en estos cabalgamientos a materiales de edad paleógena.

Al cesar la actividad volcánica del arco isla, al final del Cretácico inferior, se deposita en discordancia en el dominio A, unas calizas arrecifales y de plataforma, denominadas calizas de Hatillo. Los últimos episodios de la actividad volcánica, tienen carácter subaéreo, como queda de manifiesto en los depósitos de maar de la mina de Pueblo Viejo, cubiertos en discordancia erosiva por las calizas de Hatillo, que implican, nuevamente, un carácter submarino de estos depósitos.

#### 5.2.2.- Cretácico superior

En continuidad estratigráfica sobre las calizas de Hatillo se deposita la Formación Las Lagunas que contiene, como único componente volcánico, piroclastos generalmente finos, con estructuras sedimentarias (tobas epiclásticas), lo que indica un alejamiento de los centros de emisión. Estos materiales se depositaban sobre los del arco isla primitivo, al principio del Cretácico superior.

La falla trascurrente que da lugar a la banda milonítica de las Formaciones Maimón y Duarte, aproxima bloques que estarían alejados. En el Turoniano (90 m.a), posiblemente en un espacio transtensivo de la falla trascurrente, se genera el complejo ofiolítico, en esta Hoja representado por la Formación Peralvillo Sur, y la Peridotita de Loma Caribe con sus diques de diabasas y sus intrusiones de gabros. Así mientras en el dominio B, de fondo marino, tenía lugar la intrusión de magma básico y ultrabásico en un fondo marino donde se depositaban "cherts" de radiolarios y lutitas, en el dominio C tenía lugar la actividad de un nuevo arco isla, con un quimismo calcoalcalino, correspondiente a la Formación Tireo, situado este último acontecimiento fuera del área de esta Hoja.

En el ámbito de la Hoja, en el dominio A, este área se caracteriza por la falta de actividad volcánica en esta época, inactividad que sigue en el Terciario inferior, mientras dura el depósito de la Formación Don Juan, lo que indica un alejamiento del dominio A, de la zona de actividad volcánica del dominio C (Fm. Tireo).

### 5.2.3.-Terciario

#### 5.2.3.1.- Paleógeno.

La inactividad volcánica en esta zona continúa en el Terciario, si hacemos excepción de las intrusiones magmáticas de cuarzodioritas y dioritas que se extienden a lo largo de una franja de dirección NO-SE, en esta Hoja y en la, situada al sur, de Villa Altagracia. Estas rocas tienen una edad correspondiente al Eoceno inferior-medio. Cesando toda actividad magmática en el dominio A, a partir del Eoceno medio.

Al finalizar el Cretácico superior, en el Maastrichtiano, tiene lugar una etapa diastrófica con la generación de relieves y su consiguiente erosión que da lugar a los conglomerados de la base de la Fm. Don Juan. Sobre este conglomerado, se depositan calizas de plataforma, limos, y areniscas que indican un ambiente de aguas someras alejado de actividad volcánica, durante el Paleoceno. Así mismo, en el Eoceno inferior, se depositan las calizas de la Formación Los Bañitos y depósitos detríticos de brechas y conglomerados, así como areniscas de líticos y también de granos calcáreos, secuencia litológica ésta, que indica una fuerte inestabilidad tectónica en la cubeta de sedimentación.

Después del cese del magmatismo de la intrusión de las cuarzodioritas, este área fue sometida a una fuerte compresión de dirección NE-SO, al final del Eoceno. Con esta compresión, actúa de forma transpresiva, activándose, la fractura ocupada en este tiempo por el rift peridotítico, dando lugar en el dominio A de la Hoja de Hatillo, a que se reactiven las vergencias hacia el noreste, generándose los cabalgamientos de Hatillo, en los que la Fm. Maimón cabalga rocas de edad comprendida entre las calizas de Hatillo de edad Albiano, hasta rocas del Eoceno medio (fuera de la Hoja). Al Oeste del rift peridotítico, en el dominio C, todas las vergencias son hacia el Oeste, y es en esta fase cuando se produce el cabalgamiento de la Fm. Duarte sobre la Fm. Maimón. Se pone así de manifiesto una estructura con doble vergencia, dando lugar en el dominio A, a fallas inversas cabalgantes, como la de la peridotita sobre la Fm. Peralvillo Sur, y a los cabalgamientos de Hatillo. Así pues este sistema transpresional, reactivado a final del Eoceno, da lugar a una estructura tipo "pop up".

Los materiales del Oligoceno y Mioceno inferior faltan en esta Hoja, que podría corresponder a un alto topográfico, ya que materiales de esta edad se encuentran en

diversos lugares en La Española.

#### 5.2.3.2.-Neógeno

El relieve actual empieza a formarse en el Mioceno inferior-medio (Mann et al.1991b), y continúa hasta el presente. Este último levantamiento tiene la causa, a nivel regional, en la transpresión creada por la convergencia oblicua de Las Grandes Antillas con la plataforma de Las Bahamas. Consecuencia de esta convergencia oblicua, es el sistema de desgarres de dirección sensiblemente E-O, que hacen que se desplace la placa del Caribe hacia el Este, con relación a la placa Norteamericana.

#### 5.2.4.- Cuaternario

Esta generación de relieve que se continúa en el Cuaternario hasta la actualidad, es la causa del fuerte encajamiento de los cursos de agua, que dan lugar a la erosión y desmantelamiento de los rellenos de sedimentos de las cubetas intramontañosas de posible edad pliocuaternaria, como es el caso de la depresión de Zambrana en esta Hoja. De igual manera, este levantamiento es la causa de la formación de las diversas terrazas marinas arrecifales, observables en la costa, y en particular y de forma manifiesta, en el área de la capital Santo Domingo.

## **6.- GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **6.1.- Hidrogeología.**

La Hoja de Hatillo, presenta unas características hidrogeológicas con escasa permeabilidad de sus litologías, donde predominan materiales volcánicos e ígneos, y en menor proporción sedimentarios. De estos últimos es de destacar por su alta permeabilidad las calizas de la Formación Hatillo y Las Cañas, y con menor permeabilidad los materiales cuaternarios que dada su bajo grado de consolidación presentan permeabilidad de media a alta por porosidad intergranular. La Formación Los Baños presenta unas calizas muy permeables, siéndolo menos el resto de la misma. La Formación las Lagunas, aunque detrítica y con algunos niveles calcáreos no presenta características de permeabilidad buenas, debido a la abundante matriz limosa de las areniscas y de las calizas.

El clima es cálido y lluvioso como corresponde a su condición de isla situada en el trópico, siendo más lluvioso en la parte norte y central de la Isla, y mucho menos en el suroeste.

#### **6.1.1.- Hidrología**

Los dos tercios septentrionales de la Hoja vierten las aguas de escorrentía al río Yuna que desemboca por el norte en el Atlántico. En el centro de la Hoja corren el río Maguaca y el río Chacuey (con un aforo de  $7,35\text{m}^3/\text{sg.}$ ) en dirección norte, vertiendo sus aguas en el río Yuna, al norte de la Hoja.

El tercio meridional de la superficie es drenada por el río Ozama, que vierte sus aguas al Caribe por Santo Domingo.

En la Figura 6.1.1. se ha representado el Esquema Hidrogeológico Regional, con las divisorias de cuenca y ríos principales.

#### **6.1.2.- Climatología**

Dentro de la superficie de la Hoja, no existe estación alguna del Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.). La más próxima se encuentra situada al norte de la Hoja

en el pueblo de Cotuí.

En esta estación se tiene registrada una pluviosidad media anual de 1625 mm. (para un periodo de 30 años), si bien en el mapa de isoyetas la Hoja de Hatillo es cortada en su parte central por la isoyeta 2000 mm., ya que se incrementa la pluviosidad al sur de Cotuí en el área de la Hoja de Hatillo. La temperatura media de las máximas sería 30,5° C. (inferior a los 31,3° C. de Bonaó). La media de las mínimas es de 20,7° C. La temperatura media en el mes de Agosto es de 26° C. y en el mes de Enero 21° C.

#### 6.1.3.- Descripción hidrogeológica de las formaciones.

La Fm. Maimón es una unidad litológica de carácter volcánico con esquistosidad, que puede considerarse como de permeabilidad y porosidad muy baja, y aún lo es menos la banda de milonitas de esta formación.

Algo más permeable por fracturación y fisuración son las Formaciones Peralvillo Norte y Los Ranchos, formadas por rocas volcánicas con poca o nula esquistosidad, pudiendo considerarse baja su permeabilidad.

Las rocas intrusivas cristalinas como son las tonalitas, dioritas, y peridotitas presentan una permeabilidad de media a baja por fracturación. En el caso de las tonalitas, su facilidad en la meteorización en este clima, hace que deba considerarse como arena gruesa los primeros 20 m. desde la superficie, y por tanto con cierta permeabilidad.

La Fm. Peralvillo Sur formada predominantemente por basaltos se la considera de permeabilidad baja por facturación.

Las Formaciones Las Lagunas, Don Juan, y Los Bañitos, presentan algunos niveles de calizas permeables, pero tienen escaso espesor y continuidad lateral muy variable. Asimismo se presentan muy tectonizadas, lo que hace discontinuos estos acuíferos y complicada una posible explotación. De éstas, la formación de menos interés es la Fm. Las Lagunas en donde tienen muy poco desarrollo las unidades calcáreas.

#### 6.1.4.- Formaciones acuíferos

Las formaciones acuíferos que se consideran son : las Calizas de Hatillo-Las Cañas y las Formaciones Cuaternarias.

La Formación de las Calizas de Hatillo-Las Cañas, como se indica en el capítulo de estratigrafía, se considera una misma formación y una misma unidad litológica. Si se mantiene esta doble denominación es por su uso a nivel nacional y por ser el estudio de esta Hoja de carácter más local.

Las Calizas de Hatillo-Las Cañas, son unas calizas predominantemente masivas con caracteres arrecifales y de plataforma, que se presentan muy tectonizadas y carstificadas y que con un espesor variable podemos estimarle superior a los 100 m.

La estructura general de esta Formación en esta Hoja, es la de un sinclinal cabalgado en su flanco meridional por la Fm. Maimón. Esta estructura sinclinal (en sentido amplio), se extiende desde el ángulo noroeste de la Hoja, con dirección NO-SE, hasta el límite oriental de la misma. Esta unidad esencialmente calcárea tiene como muro la Fm. Los Ranchos cuya permeabilidad y porosidad puede considerarse de baja a muy baja. A techo se encuentra la Fm. Las Lagunas que puede considerarse en su conjunto como de baja permeabilidad, por lo que queda el acuífero de las Calizas de Hatillo-Las Cañas como un acuífero confinado.

En el cuadrante suroriental, a partir de la falla de desgarre sinistral de dirección NE-SO que pasa al oeste de la loma La Cuaba y el paraje El Corozo, sobre la Fm. Las Lagunas se apoya la Fm. Don Juan, manteniéndose la estructura sinclinal anterior. Esta estructura se considera importante desde el punto de vista de almacenamiento, y para la explotación de este acuífero, ya que quedaría como un acuífero en carga (artesiano), lo que podrá hacer rentable su explotación mediante sondeos profundos (más de 200 m.).

La zona de recarga de este acuífero en esta Hoja, se sitúa en los afloramientos de las Calizas de Hatillo que recorren la Hoja de oeste a este. El punto de drenaje más importante es, posiblemente, el río Ozama en el sureste de la Hoja.

## Acuíferos Cuaternarios.

Se trata de formaciones superficiales, con un importante desarrollo lateral y no mucha profundidad.

La cuenca cuaternaria de mayor entidad es la Cubeta de Zambrana, rellena por glaciares que tienen su origen en las elevaciones circundantes. Se encuentra rellena y colmatada por materiales, principalmente, de limos y arenas y en menor proporción conglomerados, llegando a tener espesores vistos de algunas decenas de metros. Su permeabilidad puede considerarse media por circulación intergranular, siendo discontinua la localización de los cuerpos permeables. El sustrato de esta cubeta es la Formación impermeable de Los Ranchos, y por la parte norte de la Cubeta las tonalitas las cuales dan una potente meteorización, que da a una parte alta con características de arena y por tanto con buena permeabilidad hasta profundidades máximas de unos 20 m.

El resto de las formaciones cuaternarias en esta Hoja como son: fondos de valle, llanuras de inundación y relleno de carst carecen de interés hidrogeológico por su escaso desarrollo.

## **6.2.- Recursos minerales**

En la consideración de los recursos minerales de la Hoja, se tienen en cuenta : los minerales metálicos y no metálicos, los minerales energéticos, y las rocas industriales y ornamentales.

En el apartado de los minerales metálicos, destaca por su importancia el yacimiento de Pueblo Viejo, uno de los cuatro mayores yacimientos del mundo por su contenido. Existe potencialidad en relación a este tipo de minerales de sulfuros complejos, en otros puntos de esta Hoja.

En relación a las rocas y minerales energéticos: carbón, petróleo y uranio, no se tiene conocimiento de indicios de interés económico, ni parecen existir formaciones ni estructuras apropiadas, por lo que no se hacen más consideraciones sobre ellos.

Respecto a las rocas industriales y ornamentales, se considera que existe notable

potencialidad en rocas industriales y ornamentales debido a la gran variedad litológica existente en la Hoja, las rocas ornamentales tienen en contra el encontrarse en general muy fracturadas.

#### 6.2.1. Minerales metálicos

Si bien el yacimiento de Pueblo Viejo centra la atención tanto por su interés económico como por su interés como modelo tipo de yacimiento, éste se debe encuadrar en su contexto. Así en la Hoja de Hatillo se pueden considerar tres tipos de mineralizaciones metálicas según su génesis: en primer lugar las mineralizaciones relacionadas con el final del vulcanismo del arco isla primitivo en las Formaciones Maimón y Los Ranchos, como es el ejemplo de la Mina de Pueblo Viejo, y los indicios situados en estas formaciones. En segundo lugar las mineralizaciones situadas en la Fm. Peralvillo Sur, correspondientes a sulfuros depositados con los basaltos submarinos tipo MORB. Finalmente, mineralizaciones relacionadas con el magmatismo Cenozoico de las cuarzodioritas.

Se consideran en primer lugar las mineralizaciones relacionadas con el final del vulcanismo del arco isla primitivo. Estas mineralizaciones se localizan en las formaciones Maimón y Los Ranchos, presentándose, generalmente, como sulfuros complejos diseminados epitermales, con variable proporción de los elementos: Au, Ag, Cu, Zn, y Fe. Se encuentran asociados estos elementos a la sílice y al azufre como productos finales de una diferenciación magmática por afinidades químicas. Correspondiente a este grupo sería el yacimiento de Pueblo Viejo.

En segundo lugar, se consideran las mineralizaciones existentes en la Fm. Peralvillo Sur. Existe un solo indicio en esta Hoja, el denominado Cerro Maimón, sin embargo en la Hoja situada al sur, Villa Altagracia, se encuentra el indicio de Loma Potrero, que ha sido motivo de un plan de investigación, conociéndose la geometría y composición del cuerpo mineralizado. Corresponde al modelo de mineralizaciones en basaltos submarinos masivos con sulfuros asociados. Este tipo de yacimiento es asociado a los complejos ofiolíticos tipo alpino (Espaillat y otros, 1989).

Finalmente se consideran los indicios relacionados con las intrusiones Cenozoicas cuarzodioríticas. Su mineralogía está mas relacionada con el Fe que con los metales preciosos, aunque también se presentan sulfuros metálicos. Los indicios de este tipo se

localizan en el cuadrante noroccidental de esta Hoja. Algunos se relacionan con las calizas de Hatillo (skarn) y otros como diques centimétricos (máximo 30 cm.) de magnetita cortando la Fm. Los Ranchos, en la esquina noroccidental de la Hoja.

A continuación se presenta en forma de tabla una relación de indicios.

Cuadro 6.2.1.

CARACTERÍSTICAS PROPIAS DEL INDICIO O DEPÓSITO				CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA ENCAJANTE			
COORDENADAS UTM		NOMBRE INDICIO	MINERALOGÍA	MORFOLOGÍA	LITOLOGÍA	EDAD	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA
X	Y						
392185	2089.700	El Mate	Au, Ag, Cu, Zn	Desconocida	Volcanoclástico	Cretácico Inferior	Fm. Los Ranchos
376780	2090.280	Loma Naranjo	Au, Ag, Cu, Zu	Desconocida		Cretácico Inferior	Fm. Maimón
371780	2093.350	Loma La Mina II	Au, Zn, Fe	Diseminada	Volc. Ácido	Cretácico Inferior	Fm. Hatillo
371200	2086.150	Río Siu	Zn, Fe	Desconocida	Volc. Ácido	Cretácico Inferior	Fm. Maimón
372750	2086.750	El Montico	Zn, Au, Ag	Desconocida	Volc. Ácido	Cretácico Inferior	Fm. Maimón
368270	2087.800	Cerro Maimón	Zn, Au, Ag	Diseminada	Volc. Ácido	Cretácico Inferior	Fm. Peralvillo Sur
384950	2097.150	Linda II	Au, Ag	Desconocida	Espiliticos	Cretácico Inferior	Fm. Los Ranchos
377800	2089.500	Loma Naranjo	Au, Ag	Desconocida	Volc. Ácido	Cretácico Inferior	Fm. Maimón
369500	2091.700	Loma Barbuito	Au, Ag, Cu	Desconocida	Volcánicos	Cretácico Inferior	Fm. Maimón

Se describe a continuación el yacimiento de metales preciosos de Pueblo Viejo.

#### 6.2.1.1.-Yacimiento de metales preciosos de Pueblo Viejo.

##### Breve Reseña Histórica:

Según los historiadores, los habitantes de la región de Cotuí recogían oro de los ríos que drenan la zona desde épocas prehistóricas.

Tras la llegada a la isla de los españoles en 1492, se inicia la exploración y búsqueda de metales preciosos; existiendo evidencias documentales de la explotación del yacimiento por parte española en 1505.

La actividad minera pasa por un rosario de épocas activas e inactivas hasta quedar prácticamente relegada al olvido, hasta su redescubrimiento en 1947, a través de los archivos históricos de la colección Lugo.

De 1949 a 1953 el yacimiento de Pueblo Viejo fue estudiado por investigadores italianos que delimitaron parte de la mineralización, realizando pruebas metalúrgicas a las

que no acompañó el éxito, en la recuperación de los metales preciosos contenidos en los sulfuros, lo que determinó el abandono del proyecto.

Tras otro período de cese de actividad, en 1968 retoma la investigación la compañía Rosario Resources, elaborando y ejecutando un plan de investigación sobre las zonas ya conocidas.

Esta investigación demostró que la zona oxidada sobre los sulfuros primarios tenía valores y tonelajes más que significativos en Au y Ag, además de ser fácilmente extraíbles por metodología (cianuración) más que probada en otros depósitos similares de Europa, Africa y América del Norte.

Se constituyó, entonces, la Cia. Rosario Dominicana que inició las labores extractivas en el año 1975 bajo el control accionarial y operacional de la Rosario Resources, apareciendo como accionista la Simplot Industries y el Banco Central Dominicano.

En el año 1979 tuvo lugar la nacionalización de la mina, pasando las acciones de Rosario Dominicana a manos del Banco Central Dominicano mediante el pago de 70 millones de dólares.

Geología del depósito de Pueblo Viejo.

El yacimiento de Pueblo Viejo arma en rocas pertenecientes al miembro de su mismo nombre, que pertenece a los episodios finales de la Formación Los Ranchos aflorante en la mitad septentrional de la Hoja de Hatillo, correspondiente al volcanismo de arco-isla del Cretácico inferior.

Más concretamente, la mineralización corresponde a un depósito hidrotermal-neumatolítico localizado, principalmente, en los depósitos con abundante materia orgánica carbonosa de un maar. Este maar se sitúa sobre una chimenea volcánica, rellena de una brecha de materiales volcánicos (diatrema). La mineralización aunque se localiza principalmente en el ambiente reductor de los depósitos carbonosos del maar se presenta también en las paredes del cráter y en la brecha de la chimenea.

Las dimensiones de este maar son de 1 km de diámetro y una profundidad

desconocida, pero superior a los 350m, que es hasta donde han llegado los sondeos de investigación.

Por los datos de sondeos y las labores extractivas a cielo abierto, se puede levantar una columna estratigráfica que comenzaría por una megabrecha gruesa sin sedimentación, compuesta por clastos angulares no elaborados. Encima se depositan unos niveles de origen piro y epiclásticos bien estratificados de unos 50m de potencia. Este horizonte marca la diferencia en el estilo de sedimentación entre las facies gruesas poco elaboradas inferiores y los niveles superiores de areniscas carbonosas y arcillas.

#### Mineralización.

La mineralización de Pueblo Viejo está relacionada con la actividad hidrotermal de los episodios volcánicos póstumos, correspondientes al fin de la actividad del arco-isla del Cretácico inferior. El ambiente reductor debido a la materia orgánica de los depósitos de maar, favorece la precipitación de los sulfuros complejos, aunque éstos también se depositan en las paredes del cráter del maar, como queda reflejado por la alteración hidrotermal de estas rocas.

Los estudios geoquímicos llevados a cabo, resaltan la coexistencia de alunita, pirita, abundante pirofilita y el isótopo pesado de azufre en la alunita, lo que sitúa a este tipo de depósito entre los de alta sulfuración.

La mineralización forma un anillo alrededor del cráter. La zona central es estéril y los cuerpos individualizados, minables por su contenido en oro han sido y son; Moore-Mejita, Monte Negro y el pequeño de Cumba; todos ellos fueron definidos en base a una ley de corte de 2.4 gr/Tde Au al inicio de las operaciones en 1975.

#### Reservas y Explotación.

Las reservas evaluadas inicialmente en el depósito epitermal de Pueblo Viejo (1975) eran de 18 millones de onzas de oro y 95 millones de onzas de plata.

Las operaciones mineras fueron encaminadas a la extracción de los metales preciosos de la zona oxidada del yacimiento quedando estas exhaustas en 1990.

Desde entonces la mina ha tenido que hacer frente a problemas tecnológicos derivados de la no adecuación del tipo de mineral extraído (sulfuros primarios), a la tecnología de la planta de tratamiento.

Esto ha derivado a una situación de pérdidas financieras difíciles de soportar que provocó el cierre de las explotaciones en tanto se realiza la transformación técnica de la planta, vía privatización que aportara el capital y el conocimiento adecuado.

Cuadro de Reservas seguras, probables y posibles

Cuadro 6.2.1.1.

PROYECTO DE LOS SULFUROS RESERVAS GEOLÓGICAS TOTALES			
Límite de Corte (Gr/T)	Reservas Totales Miles de T.M.	Ley de Oro Promedio (Gr/T)	Ley de Plata Promedio (Gr/T)
1,00	461.666	1.955	12.644
1,50	269.847	2.471	15.145
2,00	156.715	3.008	18.156
2,25	119.175	3.289	19.792
2,50	90.132	3.587	21.435
2,75	69.658	3.871	23.088
3,00	54.299	4.154	24.599
3,25	41.944	4.459	26.416
3,50	33.296	4.742	27.973

Fuente: Estudio de Factibilidad Stone & Webster Engineering Corporation

#### 6.2.2.-Rocas industriales y ornamentales.

Contrasta, en esta Hoja, la importante actividad minera y el gran número de indicios de minerales metálicos estudiados, y la escasa actividad en rocas industriales y ornamentales. A continuación se citan algunas pequeñas explotaciones, las dos primeras para áridos de carretera, y la tercera de calizas para la construcción, explotada artesanalmente.

Cuadro 6.2.2.

COORDENADAS		SUSTANCIA	ACTIVIDAD	RESERVAS	Nº ORDEN
W	N				
390.161	2091.00	Rocas volcánicas básicas	Intermitente	Medias	1
369.4	2097.3	Gravas	Abandonada	Grandes	2
368.7	2095.6	Calizas	Activa	Pequeñas	3

- 1) Escorias volcánicas básicas utilizadas como áridos para carretera.
- 2) Extracción de gravas para áridos de carretera.
- 3) Calizas para la construcción. Como roca ornamental.

Se enumeran a continuación las posibles rocas ornamentales en esta Hoja:

Tonalita de Zambrana.

Cuarzodioritas

Roca milonítica de la Fm. Maimón

Coladas de andesitas de Loma La Naviza

Calizas de Hatillo

Como minerales industriales cabe citar la sílice muy pura (amorfa), que se localiza en forma de diques y pitones en Loma la Cuaba, que podría ser usada para la fabricación de vidrio.

## **7.- LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO**

La protección de determinadas zonas del territorio, tiene como finalidad preservarlas de actividades antrópicas destructivas. Dentro de los recursos no renovables de un país, el patrimonio geológico ocupa un lugar relevante, pues proporciona un material fundamental para conocer la historia de la Tierra y la vida que en ella se desarrolló. Al mismo tiempo, su estudio e interpretación pueden servir para el conocimiento de otras zonas. Es por ello necesario, preservar el patrimonio geológico y estudiarlo, para difundir el conocimiento y así crear conciencia de su conservación.

Atendiendo a estas consideraciones, se puede definir un Lugar de Interés Geológico (L.I.G.), como un recurso natural no renovable, donde se reconocen, mejor que en otros sitios, los procesos geológicos que han actuado en un determinado tiempo, en un área.

En este sentido, es conveniente la realización de un inventario de lugares de interés geológico dignos de medidas de protección con fines divulgativos, educativos o turísticos. Por tanto, contenido, posible utilización y niveles de significado definen un L.I.G., que puede corresponder a un punto, un itinerario o un área.

### **7.1.- Relación de los L.I.G.**

En la Hoja de Hatillo se han seleccionado cuatro Lugares de Interés Geológico:

- Milonita del Rio Ozama
- Corte litológico-estratigráfico del Arroyo del Toro
- Cabalgamiento de Hatillo
- Mineralización de sulfuros complejos, en los depósitos de maar, en la Mina de Pueblo Viejo

### **7.2.- Descripción de los L. I. G.**

Se describen los L.I.G. considerados, señalando su situación y acceso, el tipo de interés en función de su contenido, bien sea éste: científico, didáctico o económico; y su ámbito de influencia, sea esta, local, regional, nacional o internacional.

- L.I.G. N° 1. Milonita del Río Ozama

Se localiza en la parte meridional de la Hoja, en el cauce del Río Ozama, siendo en general buena su observación en este cauce, pero el mejor punto creemos que es el de coordenadas: long. <sup>3</sup> 7480; lat. <sup>20</sup> .8319, y cuyo acceso es desde la Carretera de los Martínez, por un camino que se inicia inmediatamente al sur de esta Hoja, y bajando a pié al río, en dirección norte.

Su interés principal es por su significado geodinámico y estructural, ya que es un buen ejemplo de deformación dúctil, estando muy bien resaltados sus indicadores de movimiento. Este punto, da mucha información sobre el sentido y dirección del movimiento, así como de las condiciones de presión y temperatura en que se produjo.

Su interés puede catalogarse de científico-didáctico y su ámbito de influencia de nacional-internacional.

- L.I.G. N° 2. Corte litológico-estratigráfico del Arroyo del Toro

Se sitúa en la parte suroccidental de la Hoja. El acceso puede realizarse desde la carretera de los Martínez, por el cauce del río hacia el oeste. Desde la carretera bajando al Arroyo del Toro y tomando éste en dirección oeste, se cortan los materiales de la Fm. Los Bañitos que están constituidos por brechas volcánicas, conglomerados y tobas de lapillis. A continuación de estos materiales se encuentra una estratificación de tobas finas, lutitas y cherts. Las tobas finas son de color verde, con zonas finamente estratificadas (centrimétrico a milimétrico) y zonas masivas de varios metros de espesor. Los “cherts” y lutitas son de color rojo-violáceo y verde claro. En continuidad se encuentran basaltos con diques de diabasas que los atraviesan, e intrusiones de gabros, y en contacto, posiblemente mecanizado, las peridotitas de la Fm. Loma Caribe.

Este conjunto, desde el contacto con las tobas gruesas, de los materiales finos de lutitas y “cherts”, se cree representan un conjunto ofiolítico formado por la Formación Peralvillo, junto con las intrusiones de diabasas y gabros, y la peridotita de la Fm. Loma Caribe.

Su interés principal es científico-económico, y su ámbito de influencia nacional-

internacional.

- L.I.G. N° 3. Cabalgamiento de Hatillo

Se localiza este punto en la carretera de Piedra Blanca a Cotuí (carretera que no figura todavía en los mapas) antes de llegar al caserío de La Piñita (coordenadas: long. <sup>3</sup>7415; lat. <sup>20</sup>9155 ).

El interés de este punto radica, en que al hacer la trinchera de la carretera, ésta corta casi perpendicularmente el plano del cabalgamiento, por lo que presenta una buena observación del mismo en el talud de la carretera. En él, se ve un cabalgamiento de dirección N 140° E. y 35° de buzamiento al sur, encontrándose en la parte superior los esquistos de la Fm. Maimón sobre los materiales sin esquistosidad de la Fm. Las Lagunas.

Su interés puede catalogarse de didáctico-científico y su ámbito de influencia considerarlo como regional.

- L.I.G. N° 4. Mineralización de sulfuros complejos en los depósitos de maar de .la mina de Pueblo Viejo.

Se localiza este punto en el interior de la mina de Pueblo Viejo. Corresponde a un área que estaba siendo minada (1997), por lo que se sugiere se conserve algún punto con estas características.

Su interés es económico-didáctico. Su ámbito nacional-internacional

## 8.- BIBLIOGRAFÍA

- **BAKER, P.A. & BURNS, S.J. (1985):** The occurrence and formation of dolomite in organic-rich continental margin sediments. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 69:1917-1930
- **BELLON, H., VILLA, J.M. y MERCIER DE LEPINAY, B (1985):** Chronologie K- Ar et affinites geoquimiques des manifestations magnatiques au cretace et au paleogene dans L'isle D'Hispaniola. En, *Geodynamique des Caribes*, Editions Technip.
- **BERMÚDEZ, P.J. (1949):** Tertiary smaller foraminifera of the Dominican Republic. *Cushman Laboratory for Foraminiferal Research Special Publication*, 25, 322
- **BIGNOT, G. (1988):** Los Microfósiles. Ed.paraninfo, Madrid. 248 p.
- **BLESCH, R.R. (1966):** Mapa geológico preliminar. In: *Mapas. Volumen 2, Reconocimiento y Evaluación de los Recursos Naturales de la República Dominicana. Unión Panamericana*, escala 1:250.000.
- **BOISSEAU, M. (1987):** Le flanc nord-est de la Cordillere Centrale Dominicaine (Española, Grandes Antilles);. Un édifice de nappes Crétacé polyphase. Tesis Doctoral inédita. Université Pierre et Curie, Paris, 200 p
- **BOURDON, L (1985):** La Cordillère Orientale Dominicane (Española,Grandes Antilles); Un arc insulaire Cretacé polystructure.Teasís Doctoral, Universidad Marie y Pierre Curie
- **BOWIN, C. (1960):** Geology of central Dominican Republic. *Ph. D. Thesis*, Princeton University. Princeton, New Jersey, 211 p.
- **BOWIN, C. (1966):** Geology of the Central Dominican Republic. A case history of part of an island arc. In: *Caribbean geological investigations* (HESS, H., Ed.), *Geological Society of América*, 98:11-84.
- **BOWIN, C. (1975):** The geology of Española, En: *The ocean basíns and margins; Volume 3, The Gulf of Mexico and the Caribbean*, (NAIM, A. y STEHLI, F., Eds.), New York, Plenum Press, p. 501-552.
- **BRASIER, M.D. (1985):** Microfossils. Ed. George Allen & UnwinLtd., Londres. 193 p.

- **CHAPPELL, B. W. and WHITE, A.J.R. (1974):** Two contrasting granite types. *Pacific Geol.* 8, 173-4.
- **COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE. (1997):** Informe final sobre la prospección magnética y radiométrica aereoportada del territorio de la Rep. Dom. Programa SYSMIN (7 ACP DO 074). Servicio Geológico Nacional.
- **DENGO, G. y CASE, J.E. (Eds.) (1990):** *The Geology of North América, volume H, the Caribbean region*, Geological Society of América, Boulder, Colorado. 528 pp.
- **SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL (SGN) (1999):** Proyecto SYSMIN de Prevención de Riesgos geológicos
- **SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL (SGN) y BUNDESANSTALT FUR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (BGR); COOPERACIÓN MINERA DOMINICO-ALEMANA (1991):** Mapa geológico de la República Dominicana Escala 1:250.000.
- **DOLAN, J.F. y MANN, P., Eds (1998):** *Active Strike-Slip and collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone.* Volumen especial N°326 de la Sociedad Geológica Américan,p174
- **DOLAN, J.F., MANN, P., DE ZOETEN, R., HEUBECK C., SHIROMA, J. y MONECHI, S. (1991):** Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basíns, Española and Puerto Rico. In: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **DOLAN, J. F., MULLINS, H. T. y DAVID, J. W.(1998):** Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collisison, strain partitioning and opposing subducted slabs, En: *Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone*, (DOLAN, J.F. y MANN, P., Eds) *Volumen especial N°326 de la Sociedad Geológica Américana*,p174
- **DOMINGUEZ H. (1982):** Mapa Geologico del area de la Cuaba 1:20.000. Proyecto Los Hojanchos. Direccion General de Minería y Hidrocarburos. Inédito
- **DONELLY, T. W., BEETS,D., CARR, M. JACKSON, T., KLAVER, G., LEWIS, J., MAURY, R., SCHELLEKENS, H., SMITH, A., WADGE, G.y WESTERN CAMP,**

- D.(1990):**History and tectonic setting of the Caribbean magmatism. En: The Caribbean Region, The Geology of North América (DENGO, G. y CASE, J. Eds). *Geol. Soc. América*. Boulder, Colorado, Vol. H, p339-374
- **DONOVAN, S.K. y JACKSON, T.A. (Eds) (1994):** *Caribbean Geology an Introduction*. The University of The West Indies Publishers Associations, Kinston, Jamaica, 289 pp.
  - **DRAPER, G. y GUTIÉRREZ-ALONSO, G. (1997):** La estructura del Cinturón de Maimón en la isla de Española y sus implicaciones geodinámicas. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 10: 281-299.
  - **DRAPER, G., GUTIÉRREZ, G. y LEWIS J. F. (1995):** Thrust Deformation in the Maimón and Los Ranchos formations. Central Española: Evidence for early Cretaceous ophiolites emplacement. *Transactions, 14<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference, Port of Spain, Trinidad Tobago*.
  - **DRAPER G; GUTIÉRREZ, G y LEWIS, J. F. (1996):** Thrust emplacement of the Española peridotite belt: Orogenic expresion of the Mid Cretaceous Caribbean arc polarity reversal. *Geology*, v.24 (12): 1143-1146.
  - **DRAPER G. y LEWIS J. (1982):** Petrology, deformation and tectonic significance of the Amina Schists, northern Dominican Republic, En: *Transactions of the 9<sup>th</sup> Caribbean Geológica Conference, Santo Domingo, República Dominicana, 1980* Amigo del Hogar Publishers, p 53-64
  - **DRAPER G. y LEWIS J. (1989):** Petrology and structural development of the Duarte Complex, Central. Dom. Rep.: a preliminary account and some tectonic implications. *Transactions 10<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference, Cartagena, Colombia, 1983*: 103-112.
  - **DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991):** Metamorphics belts in Central Española. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
  - **ESPAILLAT, J., BLOISE, G., MACVEIGH, J.G y LEWIS J.F. (1989):** Petrography and geochemistry of mafic rocks of Peralvillo Formation in the Sabana Potrero area, Central

Dominican Republic. En: *Transactions of the 12<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference* (LAURE, D.K. y DRAPER, G. Eds.)

- **FREY, M., DE CAPITANI, C. y LIU, JG (1991):** A new petrogenetic grid for low-grade metabasites. *J. Metamorphic Geol.*, 9: 497-509.
- **HALDEMANN, E.G., BROUWER, S.B., BLOWES, J.H., y SNOW, W.E. (1980):** Field Trip C: Lateritic nickel deposits at Bonao Falconbridge Dominicana C. Por A. En *Field Guide Dominican Republic. 9<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference 1980*, 69:80 pp.
- **HARMS, F.J. (1988):** Tabellen zu geochemischen, mineralogische, petrographischen, und biostratigraphischen Untersuchungen auf dem Blatt 5972 San Juan der Geologischen Karte der Dominikanischen Republik: scale 1:100,000.
- **HEUBECK, C. y MANN, P. (1991):** Structural Geology and Cenozoic Tectonic History of the Southeastern Termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. En: *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.). *Geological Society of America Special Paper*, 262 p.
- **HORAN, S.L. (1995):** The geochemistry and tectonic significance of the Maimon-Amina schists, Cordillera Central, Dominican Republic. Tesis de Máster, Universidad de Florida, p 172
- **INDRHI** (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Dpto. de Hidrología. Dpto. Distritos de Riego, Dpto. de Climatología, Diversos datos.
- **INYPESA (1985):** Inventario Nacional de Aridos y Rocas de Construcción. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo. (Inédito).
- **JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) y METAL MINING AGENCY OF JAPAN (MMAJ) (1984):** Report on Geological Survey of Las Cañitas Area, Dominican Republic. Tokio, 22p.
- **KERR, ANDREW C. y TARNEY, J. (1996):** The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: *AUG Monography on Large Igneous Provinces*, (MAHONY, J.J. y COFIN, M. Eds.)

- **KERR A.C., TARNEY, J., MARRINER, J.G., NIVIA, A. y SAUNDERS, A.D. (1997a):**The Caribbean-Colombian Cretaceous Igneous Province: The Internal Anatomy of an Oceanic Plateau. En: *Large Igneous Provinces*, (MAHONY, J.J. y COFIN, M. Eds.) AUG Monographi (p 35)
- **KERR A.C., TARNEY, J., NIVIA, A., MARRINER, J.G y SAUNDERS, A.D. (1997):** The internal structure of oceanic plateaus: inferences from obducted Cretaceous terranes in western Colombia and the Caribbean. *Tectonophisics*, V. 292, p 173-188
- **KESLER , S.E., SUTTER, J.F., JONES, L.M. y WALKER, R.L. (1977):** Early Cretaceous basement rocks in Hispaniola. *Geology*, 5:245-247.
- **KESLER, SE, RUSSELL, N., POLANCO, J., McCURDY, K. y CUMMING, G.L. (1991a):** Geology and Geochemistry of the Early Cretaceous Los Ranchos Formation, Central Dominican Republic. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **KESLER, SE, RUSSELL, N., REYES, C., SANTOS, L., RODRIGUEZ, A. y FONDEUR, L. (1991b):** Geology of the Maimon Formation, Dominican Republic. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **KESLER, SE, SUTTER, J.F., BARTON, J.M. y SPECK, R.C. (1991c):** Age of Intrusive Rocks in Northern Española. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **KOSCHMANN, A.H. y GORDON,M. (1950):** Geology and mineral resources of the Maimon Hatillo District, Dominican Republic. *US Geological Survey Bulletin*, N° 964
- **KRETZ, R., (1983):** Symbols for rock-forming minerals. *Améican Mineralogist*, 68, 277-279.
- **KROGH, T.E., (1982):** Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasión technique: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 46, p. 637-649.

- **LAPIERRE, H., DUPUIS V- LEPINAY, B.M., TARDY, M. RUIZ J; MAURY, R.C. HERNANDEZ y J. LOUBET M. (1997):** Is the Lower Duarte Complex (Española) a remnant of the Caribbean plume generated oceanic plateau?. *The Journal of Geology*, 1997, Vol. 105. Pag. 111-120.
- **LAPIERRE, H., DUPUIS, V., MERCIER DE LÉPINAY, B., BOSCH, D., MONIÉ, P., TARDY, M., MAURY, R.C., (1999):** Late Jurassic oceanic crust and Upper Cretaceous Caribbean Plateau picritic basalts exposed in the Duarte igneous complex, Española: *J. Geology* 107, p.193-207.
- **LEBRON, M. C. y PERFIT, M.R. (1993):** Stratigraphic and Petrochemical Data Support Subduction Polarity Reversal of the Cretaceous Caribbean Island Arc.: *Journal of Geology*. V. 101. P. 389-396.
- **LEBRON, M.C. y PERFIT, M. R. (1994):** Petrochemistry and tectonic significance of Cretaceous island-arc-rocks, Cordillera Oriental, D.R.: *Tectonophysics*, V. 229. P. 69-100.
- **\*LEWIS, J. (1980) :** 9na. Conferencia Geológica del Caribe. (Tomo II)..
- **LEWIS, J. F. (1982 a):** Granitoid Rocks in Española. *Transactions of the 9<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980:* Amigo del Hogar Publishers 403-408.
- **LEWIS, J. F. (1982 b):** Ultrabásic and associated rocks in Española. *Transactions of the 9<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference, Santo Domingo, Dominican Republic, 1980:* Amigo del Hogar Publishers, p 403-408.
- **LEWIS, J.F., AMARANTE, A., BLOISE, G., JIMENEZ G., J.G. y DOMINGUEZ, H.D. (1991):** Lithology and stratigraphy of upper Cretaceous volcanic, and volcanoclastic rocks of Tiroo Group, Dominican Republic, and correlations with the Mássif du Nord in Haiti. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **LEWIS, J.F. y DRAPER, G. (1990):** Geological and tectonic evolution of the northern Caribbean margin. En : *The Geology of North América, Volume H, The Caribbean region:* (Dengo, G. y Case, J.E. Eds). *Geological Society of América*, Colorado: 77-140

- **LEWIS, J.F. y DRAPER, G. (1995):** Amphibolites and associated rocks of the Rio Verde Complex in the Median Belt, central Española: their petrologic, structural and tectonic significance in the emplacement of the Loma Caribe peridotite. *Programme and Abstracts, 3<sup>rd</sup> Conference of the Geological Society and Trinidad & Tobago and 14<sup>th</sup> Caribbean Geological Conference, Port of Spain, 1965: 46*
- **LEWIS, J.F., HAMES, W.E. y DRAPER, G., (1999):** Late Jurassic oceanic crust and Upper Cretaceous Caribbean Plateau picritic basalts exposed in the Duarte igneous complex, Española: A Discussion. *J. Geology* 107
- **LEWIS, J.F. y JIMENEZ G., J.G. (1991):** Duarte Complex in the La Vega-Jarabacoa-Janico Area, Central Española: Geological and Geochemical Features of the Sea Floor During the Early Stages of Arc Evolution. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **LLINAS, R.A. y RODRIGUEZ-TORRES, R. (1980):** Sección geológica: Rancho Arriba – Piedra Blanca – Hatillo, Cordillera Central: República Dominicana.
- **LISTER, G.S. y DORNSIEPEN, U.F., (1982):** Fabric transitions in the Saxony Granulite terrain. *J. Struct. Geol.*, 4: 81-92.
- **LISTER, GS y SNOKE, A.W. (1984):** S-C Mylonites. *J Struct Geol* 6:617-638
- **LOEBLICH, A.R. & TAPPAN, H. (1964):** Orden Foraminiferida. In: Moore, R.C. (ed): *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part C. Protista 1-2. Geol. Soc. Am. Kansas Univ. Press., New York, 900 p.
- **LUDWIG, K.R., (1980):** Calculation of uncertainties of U-Pb isotopic data: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 46, p. 212-220.
- **MANN, P. (1983):** Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Española. *Thesis*. New York University, Albany, 688p. (Inédito).
- **MANN, P., BURKE, K. y MATSUMOTO, T. (1984):** Neotectonics of Española; Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining bend. *Earth and Planetary Science Letters*, 70: 311-324.
- **MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991a):** Geologic and tectonic development of

the North América-Caribbean plate boundary in Española. *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.

- **MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F. (1991b)**: An overview of the geologic and tectonic development of Española. In: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **MANN, P. y LAWRENCE, S.R. (1991)**: Petroleum potential of southern Hispaniola. *Journal of Petroleum Geology*, 14: 291-308.
- **MANN, P., TAYLOR, F.W., EDWARDS, R. L. Y KU, T.L. (1995)**: Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the northeastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, V. 246, p1-69
- **MATTHEWS, J.E. y HOLCOMBE, T.L. (1976)**: Possible Caribbean underthrusting of the Greater Antilles along the Muertos Trough. In: *Transactions, Caribbean Geological Conference VII, Guadeloupe (1974)*. Ministère de l'Industrie et la Recherche, Point-a-Pitre, French Antilles, 235-242.
- **MATTSON, P.H. (1979)**: Subduction, buoyant braking, flipping and strike-slip faulting in the Northern Caribbean. *Journal of Geology*. Vol. 87. P. 293-304.
- **MAUFFRET, A. y LEROY, S. (1997)**: Seismic stratigraphy and structure of the Caribbean igneous province. *Tectonophysics*, 283, p 61-104
- **MERCIER DE LEPINAY, B. (1987)**: L'évolution géologique de la bordure Nord-Caraïbe: L'exemple de la transversale de l'île d'Española (Grandes Antilles). *These de doctorat*, Université Pierre et Marie Curie, 378 p. (Inédito).
- **MONTGOMERY, H., PESSAGNO, E.A. y PINDELL, J.L. (1994)**: A 195 Ma terrane in a 165 Ma sea: Pacific origin of the Caribbean Plate: *GSA Today*, 1(1): 1-6
- **MORTENSEN, J.K., GHOSH, D., y FERRI, F., (1995)**: U-Pb age constraints of intrusive rocks associated with Copper-Gold porphyry deposits in the Canadian Cordillera, in Schroeter, T.G., ed., *Porphyry deposits of the northwestern Cordillera of North América*: Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume 46.
- **PALMER, H.C. (1963)**: Geology of the Monción-Jarabacoa area, Dominican Republic.

Tesis Doctoral. Universidad de Princeton

- **PALMER, H.C. (1979):** Geology of the Moncion-Jarabacoa area, Dominican Republic. En: *Tectonic focal point of the north Caribbean; Española* (B. LIDZ y F. NAGLE Eds). Miami Geol. Soc., 29-68 pp.
- **PARRISH, R., RODDICK, J.C., LOVERIDGE, W.D. y SULLIVAN, R.W. (1987):** Uranium-lead analytical techniques at the geochronology laboratory, Geological Survey of Canada, En: *Radiogenic age and isotopic studies, Report 1: Geological Survey of Canada*. Paper 87-2, p. 3-7.
- **PASSCHIER, C.J. y TROUW, H. (1996):** *Microtectonics*. Springer Verlag. Heidelberg, 235 pp.
- **PEARCE J.A. (1983):** Trace element characteristics of lavas from constructive plate boundaries. En: *Andesites*, (THORPE R.S. Ed.) John Wiley and Sons, p 525-548.
- **PINDELL, J.L. (1994):** Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean, En: *Caribbean geology: An introduction*, (DONOVAN. S.K. y JACKSON, T.A. Eds), Kingston, Jamaica, University of the West Indies, Publishers Association, p. 13-39.
- **PINDELL, J.L. y BARRET, S.F. (1991):** Geology of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. In: *The Geology of North América, Volumen H, The Caribbean region* (DENGO, G. y CASE, J.E, Eds.), *Geological Society of América*. Boulder, Colorado. 404-432.
- **PLATT, J.P. y VISSERS, R.L.M (1980):** Extensional structures in anisotropic rocks. *J Struct Geol* 2:397-410
- **POSTUMA, J.A. (1971):** *Manual of Plancktonic Foraminifera*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 406 p.
- **PROINTEC (1999)**, Proyecto SYSMIN de Prevención de Riesgos Geológicos. Servicio Geológico Nacional.
- **ROSENCRANTZ, E., ROSS, M. I., y SCLATER, J.G., (1988):** Age and spreading history of the Cayman Trough as determined from depth, heat flow and magnetic anomalies: *Journal of Geophysical Research*, v. 93, p. 2141-2157.

- **RUSSELL, N. y KESLER, SE (1991):** Geology of the Maar-Diatreme Complex Hosting Precious Metal Mineralization at Pueblo Viejo, Dominican Republic. En: *Geologic and tectonic development of the North América-Caribbean plate boundary in Española* (MANN, P., DRAPER, G. y LEWIS, J.F., Eds.), *Geological Society of América Special Paper*, 262 p.
- **SARTORIO, D. & VENTURINI, S. (1988):** *Southern Tethys Biofacies*. agip S.p.A., Milán, 235 p.
- **SINTON, C.W., DUNCAN, R. A., STOREY, M. LEWIS, J. y ESTRADA, J.J.(1998):** An oceanic flood basalt province within the Caribbeanplate. *Earth and Planetary Science Letters*, V. 155, p221-235
- **SPEAR, F.S. (1993):** Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. *Min. Soc. of América. Monograph*. Washington, D.C., 799 pp.
- **STACEY, J.S. Y KRAMER, J.D.(1975):** Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 26, p. 207-221.
- **STEIGER, R.H. Y JÄGER, E. (1977):** Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 36, p. 359-362.
- **TCHALENCO, J. S. (1968):** The evolution of kink bands and the development of compression textures in sheared clays. *Tectonophysics* 6, 159-74
- **THEYER, P., (1983):** An obducted ophiolite complex in the Cordillera Central of the Dominican Republic. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 94:1438-1441.
- **TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P. (1990):** *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 482 p.
- **WILSON, J.L. (1975):** *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin, 471 p.
- **WHITE, A.J.R. (1979)** Sources of granite magmas. *Geol. Soc. Am. Abs. with Prog.* 11, 539.

- **WINKLER, H.G.F (1974):** Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer–Verlag New York.