



SERVICIO GEOLÓGICO NACIONAL
REPÚBLICA DOMINICANA

MAPA DE RECURSOS MINERALES
ESCALA 1:100.000
CUADRANTE DE RESTAURACIÓN (5873)

MEMORIA

Proyecto "L": Cartografía Geotemática en la República Dominicana

Julio 2002 - Octubre 2004

INDICE

INDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA	2
1.2 ANTECEDENTES	4
2. SÍNTESIS GEOLÓGICA	6
2.1 MARCO GEOLÓGICO-EXTRUCTURAL. DIVISIÓN DEL CUADRANTE EN DOMINIOS	6
2.2 ESTRATIGRAFÍA	8
2.1.1 Dominio de la Cordillera Central	9
2.1.1.1 Cretácico Superior: Formación Tireo (6 a 18)	9
2.1.2 Dominio de Tríos Rivières-Peralta	9
2.1.2.1 Cretácico Superior: Formación Tríos Rivières-Peralta (19, 20, 21 y 22)	10
2.1.2.2 Eoceno medio – Oligoceno superior: Formación Neiba (24, 26)	11
2.1.2.3 Oligoceno superior: Unidad de Catanamatías (27)	11
2.1.2.4 Oligoceno superior – Mioceno medio: Formación Sombrero Y 31)	12
2.1.2.3 Mioceno superior – Plioceno: Formación Arroyo Blanco (33)	12
2.1.2.6 Cuaternario	12
2.3 ROCAS INTRUSIVAS Y FILONIANAS	14
2.2.1 Tonalita con anfíboles (3)	14
2.2.2 Microdioritas – Microgabros (2)	15
2.2.3 Diques máficos (4)	15
2.2.4 Diques félsicos (4)	15
2.2.5 Rocas ultramáficas (serpentinizadas) (1)	16
2.3 CONTEXTO GEODINÁMICO DE LA ISLA ESPAÑOLA	16
2.4 HISTORIA GEOLÓGICA	18
3 RECURSOS MINERALES. DESCRIPCIÓN	21
3.1 MINERALES DE RECURSOS METÁLICOS	21
3.1.1 Mineralizaciones de Au epitermales	21
3.1.1.1 Mineralizaciones de Au (Cu-Zn) epitermales en la F. Tireo	22
3.1.1.2 Mineralizaciones epitermales de Au en la F. Tríos Rivières_Peralta	48
3.1.2 Mineralizaciones de Cu	49
3.1.2.1 Mineralizaciones de Cu en rocas piroclásticas básicas de la F. Tireo	49
3.1.2.2 Mineralizaciones de Cu en zonas de cizalla y en r. volcánicas básicas	49

3.2 RECURSOS DE ROCAS INDUSTRIALES Y DE ROCAS ORNAMENTALES Y DE CONSTRUCCIÓN	53
4 ANÁLISIS METALOGÉNÉTICO	56
4.1 GUÍAS METALOGÉNÉTICAS DE EXPLORACIÓN	60
5 BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXO I.- Listado de mineralizaciones	70
ANEXO II.- Listado de indicios y explotaciones de rocas industriales	72

1 INTRODUCCIÓN

La elaboración del presente estudio se enmarca dentro del Proyecto K "Cartografía Geotemática en la República Dominicana" auspiciado y financiado en su totalidad por la Unión Europea, formando parte del conjunto de proyectos del Programa SYSMIN, cuyo objetivo general es promover el conocimiento y desarrollo del sector geológico-minero del país.

Dicho proyecto ha sido adjudicado al consorcio integrado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) e Informes y Proyectos S.A. (INYPSA) bajo el control de la Unidad Técnica de Gestión (UTG, cuya asistencia técnica corresponde a AURENSA) y la supervisión del Servicio Geológico Nacional (SGN).

El Mapa de Recursos Minerales de los cuadrantes integrados en el Proyecto K se ha confeccionado siguiendo las normas recogidas en el documento "Programa Nacional de Cartas Geológicas a escala 1:50.000 y Temáticas a 1:100.000 de la República Dominicana" del Servicio Geológico Nacional (SGN), con algunas modificaciones consensuadas previamente entre las distintas partes.

El equipo técnico que ha realizado el estudio ha sido el siguiente:

Juan Locutura Rúperez (IGME)
Pedro Florido Laraña (IGME)
Eusebio Lopera Caballero (IGME)
Alejandro Bel-lan Ballester (IGME)
Fernando Pérez Cerdán (IGME)
Sandra Martínez Romero (IGME)
Antonio Arribas Moreno - Consultor IGME

Han colaborado en aspectos geológicos:

Enrique Bernárdez (INYPSA)
Francisco Contreras (INYPSA)
Marc Joubert (BRGM)
Pol Urien (BRGM)
Gilbert Stein (BRGM)

En demuestras y reconocimiento se ha contado con la participación de:

José Virgilio Hernández - IGME en Rep. Dominicana.
José Virgilio Jiménez - IGME en Rep. Dominicana.

1.1.- SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El Cuadrante de Restauración está ubicado en el sector noroeste de la República Dominicana, en la parte Norte-occidental de la Cordillera Central (Figura 1), a unos 210 Km en línea recta de la capital Santo Domingo y unos 320 Km por carretera. La vía de acceso la más cómoda en vehículo, es de Santo Domingo a Santiago (150 Km) por la autopista Duarte (2h) y de Santiago a Restauración (170 Km) por carreteras secundarias (3h).

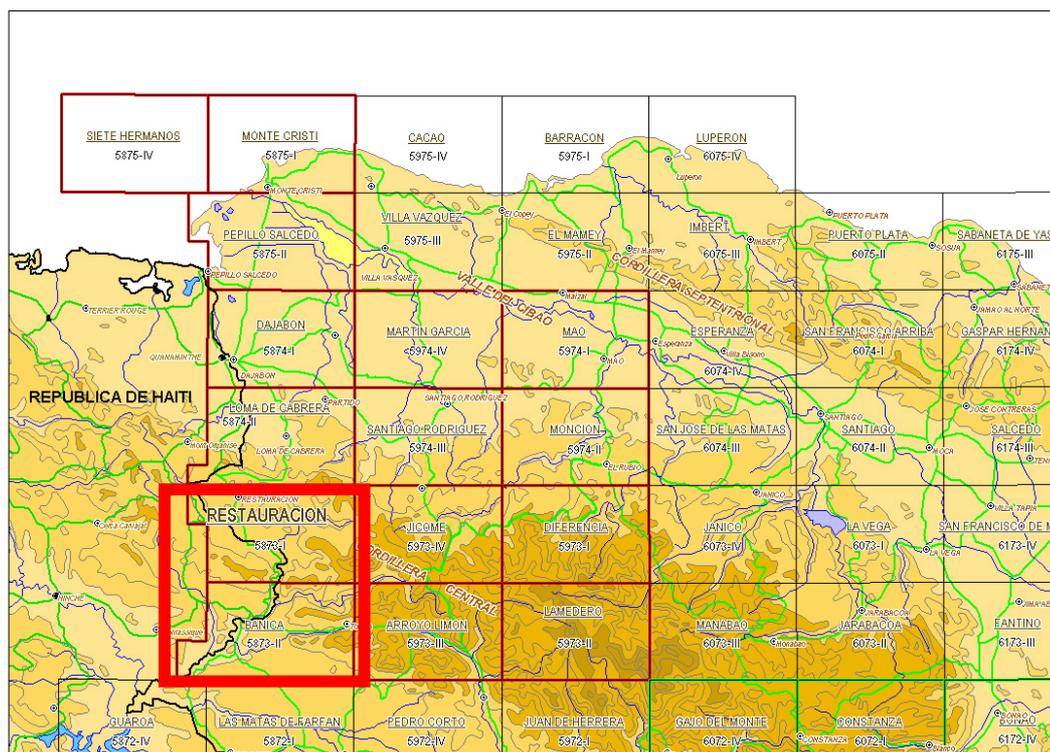


Figura 1 - Ubicación del Cuadrante de Restauración (5873-I) en el marco del proyecto K

El borde oeste del Cuadrante es fronterizo con la República de Haití; la frontera corresponde al Río Libón hasta Villa Anacaona y, más al Sur, a la "Carretera Internacional" Villa Anacaona-Bánica.

La población, poco densa en esta zona montañosa, se concentra principalmente alrededor de la pequeña ciudad de Restauración y a lo largo de las principales vías de comunicación:

- la carretera de Río Limpio, con los pueblos o aldeas de Los Cerezos, Los Indios y Las Rosas,
- la carretera internacional Restauración-Bánica, con los Puestos Militares de Villa Anacaona y Los Algodones,

- la carretera Los Algodones-La Peña (en la hoja adyacente de Arroya Limón) con varias aldeas, tal como Guayajayuco, Rosó o El Rincón (Manaclar).

En el momento actual, muchas casas, incluso aldeas enteras, están abandonadas, manifestación de la "desertificación" rural que está teniendo lugar. Además de Restauración, los pueblos con más movimiento, tal como Río Limpio o Guayajayuco, son los que acogen o desarrollan la industria agrícola y/o los viveros de los proyectos de reforestación.

El censo de 1993, estimó la población del municipio de Restauración en 6000 habitantes: 2000 viven en la zona urbana, lo que representa el 33% y 4000 viven en el área rural (67%).

La actividad económica de Restauración se basa principalmente en la agropecuaria, destacándose la caficultura, ganadería y productos menores de subsistencia.

El comercio de productos básicos (arroz, frutas, ganado caprino y porcino, etc.) está bien desarrollado entre los dos pueblos fronterizos : Restauración (Rep. Dominicana) y Tirolí (Rep. de Haití). Un flujo importante de trabajadores haitianos alimenta en mano de obra la agricultura local o migra a otras regiones del País.

La red fluvial está integrada por una gran cantidad de ríos, arroyos y cañadas, generalmente de carácter muy caudaloso. De manera general, el sistema hidrográfico está definido por la red compuesta por el Río Artibonito y su afluente principal, el Río Libón (fronterizo con Haití) con su propio afluente, el Río Neyta.

Geomorfológicamente, la hoja de Restauración, pertenece, según Blesh, 1966, a la Cordillera Central, subregión Restauración. Se trata de una meseta elevada, con altitudes máximas de: 1,467 m (loma Nalga de Maco), 862 m (cerro Mongreñé), 832 m (cerro de los Jiménez), 622 m (cerro de los Candelones), 810 m (cerro del Montazo), 1009 m (cerro del Guano), 1003 m (cerro del Naranja).

Por lo general, el relieve se corresponde con las estructuras y la naturaleza de las formaciones geológicas regionales (rocas volcánicas ácidas y máficas, calizas) con direcciones NO-SE.

En la Cordillera Central, las condiciones climáticas son muy variables, en relación con la altitud, las precipitaciones y los vientos; el macizo montañoso constituye una barrera que afecta la circulación de los vientos dando lugar a diferentes microclimas.

Para la descripción del clima de la región se tomará en cuenta la estación climatológica de Restauración.

Esta ciudad, con una altitud de 594 m, registra una temperatura promedio mensual de 24.7°C; máximo de 32.8 °C y mínimo de 16.5 °C. La precipitación promedio anual es de 1,769 mm con un máximo superior a 2,000 mm. Se nota un ritmo diario de lluvias fuertes (aguaceros) entre 1 y 3 h de la tarde. Las precipitaciones están influenciadas por los vientos alisios del Noreste que chocan con el sistema montañoso, al origen de una gran nubosidad. Se registra un largo período de lluvia entre abril y diciembre, con una pequeña interrupción en julio. El periodo más seco es enero-marzo.

Entre Río Limpio (800 m) y el pico Nalga de Maco (1,990 m), las variaciones climáticas son importantes, con una gran amplitud de temperaturas diurnas; solo en Río Limpio, en agosto, la temperatura puede pasar de un mínimo de 19 °C en la madrugada a 29°C al medio día.

La vegetación se caracteriza por flores variadas de tipo tropical: pinos caribeas y occidentalis, palmeras, candelones, almácigos, caobas, ceibas, aguacates, mangos, etc.

Una intensa repoblación con coníferas, llevada a cabo por la Dirección General Forestal desde más de veinte años, destaca el paisaje de Restauración que contrasta con el de Haití; recientemente la deforestación ha ganado también una franja hectométrica a kilométrica del lado Dominicano de la frontera.

1.2.- ANTECEDENTES

Obviamos en este capítulo los antecedentes relacionados con los temas de geología general del área de estudio, los cuales ya han sido contemplados en las memorias de las cartografías 1:50.000 utilizadas como base geológica del presente Mapa de Recursos, y realizadas en la primera fase del **proyecto K**.

Desde el punto de vista del conocimiento y síntesis de los recursos mineros de la superficie incluida en el proyecto K, las referencias son escasas.

A nivel de investigación y exploración hay que reseñar la investigación realizada por la Rosario Dominicana y concluida con el proyecto realizado conjuntamente con el BRGM sobre "Depósitos auríferos de Restauración" (1996-1997).

En el Proyecto C de la fase anterior del programa SYSMIN en el que se acometió la cartografía geotemática de los cuadrantes de Constanza, Bonao y Azúa, se elaboraron dos documentos generales de gran valor para la síntesis de recursos de los cuadrantes 1:100.000 del país, que fueron el "Mapa de Recursos Minerales de la República Dominicana a escala 1:350.000" y el "Estudio de la minería Artesanal de la República Dominicana".

Ya en estos trabajos se contemplaron otras síntesis anteriores, como "El Mapa Geológico preliminar (Blessch, 1966), el Mapa geológico de la República Dominicana

de 1991 realizado en colaboración con el SGN y el BGR y otros informes generales del país, como el “Informe sobre la Metalogénesis en la República Dominicana” de las Naciones Unidas (1978).

Los trabajos de Man et al. (1991) y Drapper et al (1994), de carácter geológico general, son fundamentales para la comprensión del entorno geológico de las mineralizaciones. Agrupan los materiales aflorantes en la isla de la Española en una serie de dominios con carácter de “terreno” de rangos diferentes: tectónicos, metamórficos, estratigráficos o de carácter mixto (tectonometamórfico, tectonoestratigráfico, etc.). Estos criterios se retomaron en los trabajos de cartografía 1:50.000 del presente proyecto y en función de las características específicas de los cuadrantes cartografiados se establecieron una serie de dominios tectosedimentarios tal como se contempla en el capítulo siguiente.

Por último, hay que considerar las publicaciones resultantes del citado **proyecto C**: Pérez-Estaún et al., Lewis et al., Escuder-Viruete et al., Díaz de Neira y Solé Pont., Hernáiz Huerta y Pérez-Estaún., y Locutura et al., todas ellas en Acta Geológica Hispánica (Pérez-Estaún et al., 2002).

2.- SÍNTESIS GEOLÓGICA

El presente capítulo sintetiza la geología establecida y cartografiada en las hojas 1:50.000 del cuadrante 5873 realizadas en el presente **proyecto K**

2.1. MARCO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL: DIVISIÓN DEL CUADRANTE EN DOMINIOS.

La cartografía 1:50.000 realizada en el Proyecto K de Cartografía Geotemática en la Republica Dominicana pone de manifiesto la gran diversidad de materiales y medios sedimentarios presentes en los cuadrantes cartografiados: desde conglomerados continentales a abanicos turbidíticos, desde coladas de lavas y brechas vulcanosedimentarias a calizas micríticas, desde plataformas siliciclásticas a calizas pelágicas etc., además de la presencia de numerosos cuerpos intrusivos representados por los batolitos de Loma de Cabrera, El Bao y Macutico, a su vez con importantes cortejos filonianos.

La repartición espacial de este conjunto de materiales es muy heterogénea, pudiendo diferenciarse, dentro del área abarcada por el proyecto K, una serie de dominios Geoestructurales y/o tectosedimentarios con características diferenciadas (figura 2). La naturaleza de estos dominios es desigual, ya que mientras unos representan terrenos alóctonos emplazados a favor de grandes fallas de desgarre, otros corresponden a diferenciaciones menores dentro de un mismo terreno y otros corresponden a materiales de cobertera posteriores a las principales etapas de deformación

En general estos dominios tienen una dirección ONO-ESE que, en parte, recoge la subdivisión de la Isla de La Española propuesta por Mann et al. (1991) Los límites entre estos dominios estructurales están generalmente definidos por grandes zonas de fallas subverticales, de dirección general NO-SE a ONO-ESE y escala kilométrica, cuyo movimiento fue esencialmente transcurrente sinistro. Estas fallas coexisten con otras familias de fallas subverticales relacionadas, de dirección ENE-OSO a E-O e igual sentido de movimiento. La mayoría de estos desgarres se relacionan con la tectónica de desgarres que afectó a la totalidad de la isla de La Española a partir del Mioceno Superior (Mann *et al.*, 1991b; Calais & Mercier de Lepinay, 1995; de Zoeten & Mann, 1999). Esta tectónica transpresiva neógena, que continúa en la actualidad, produjo el levantamiento de la Cordillera Central y su profunda erosión, así como un importante aporte de terrígenos que rellenan al Norte la Cuenca del Cibao.

Los dominios aflorantes en el cuadrante de Restauración, de Norte a Sur, son: **Dominio de la Cordillera Central (DCC), Dominio del Cinturón de Trois Rivières-Peralta (DTP) y Dominio de la Cuenca de San Juan (DSJ).**

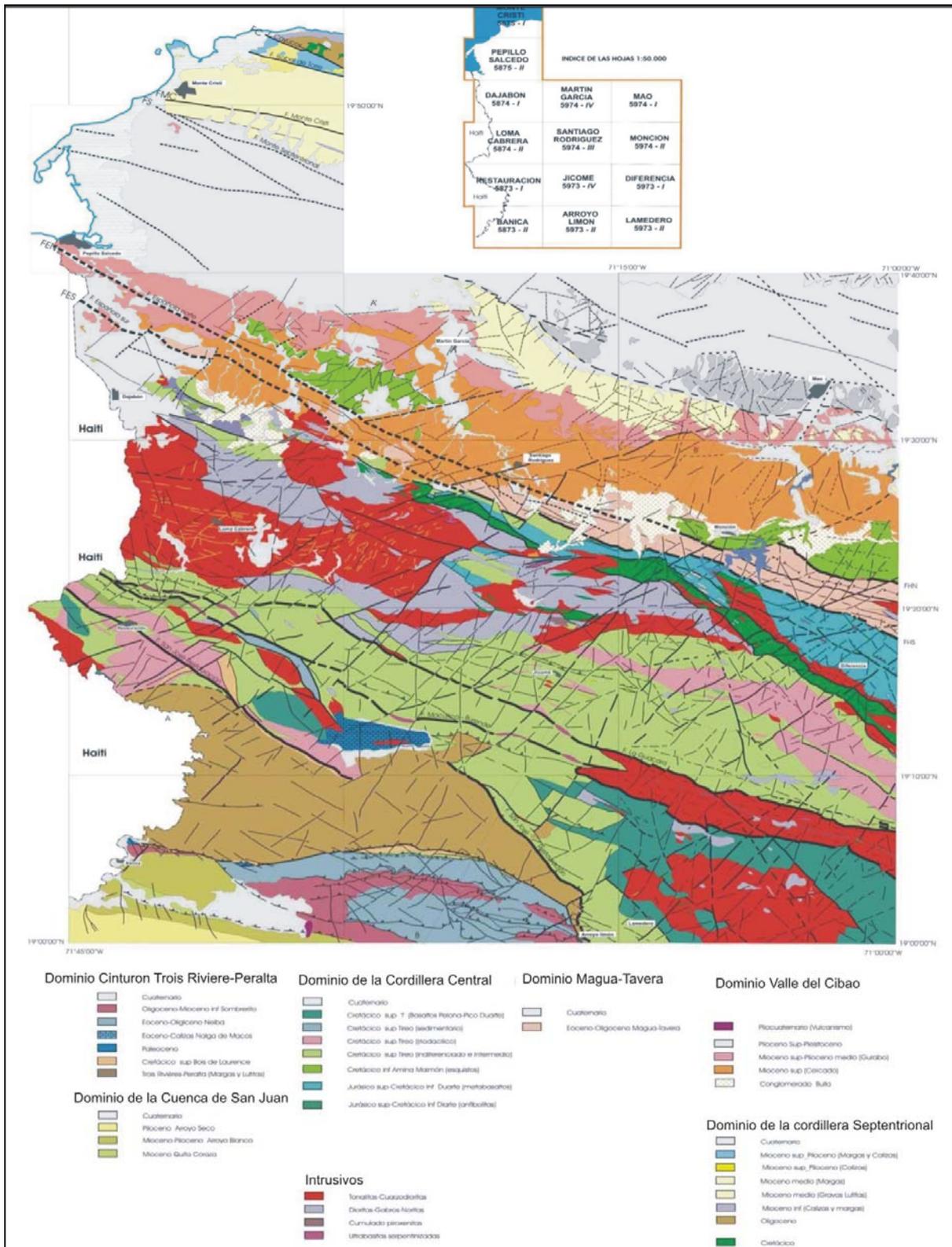


Figura 2.- Síntesis geológica y tectónica del proyecto K

El contexto geológico de las mineralizaciones presentes en el cuadrante de Arroyo Limón se ha referenciado en base a dichos dominios.

Dominio de la Cordillera Central (DCC). Ocupa una banda de 100 km de largo por 40-50 km de ancho. Se trata de la zona axial y más elevada de la isla, coincidiendo, aproximadamente, con el término geográfico de Cordillera Central. Se caracteriza por su gran complejidad y está limitado al Sur por la Falla de San José-Restauración y al Norte, fuera del cuadrante, por la Zona de Falla La Española. Los materiales más antiguos que afloran en este dominio son depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios, de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior que se engloban en el denominado Complejo Duarte. Sobre este "zócalo" se depositó una potente serie volcano-sedimentaria a la que siguen depósitos de talud y calizas pelágicas, del Cretácico Superior, y finalmente calizas de plataforma de edad Eoceno. Todos estos materiales están afectados por deformaciones de carácter transpresivo y de intensidad variable según zonas y, además, se encuentran afectados por numerosas intrusiones, principalmente de carácter ácido, y diversos grados y tipos de metamorfismo

Dominio de Trois Rivières-Peralta. Está limitado al Sur por la Falla de San Juan-Los Pozos e incluye una potente serie con un rango de edades entre el Cenomaniano y el Mioceno Inferior. Los materiales y facies representados son muy diversos, con predominio de turbiditas y calizas pelágicas, pero incluyendo también materiales volcano-sedimentarios, calizas pelágicas y de plataforma, e importantes depósitos sintectónicos.

Dominio de la Cuenca de San Juan. Los materiales representados en este dominio abarcan un rango de edades desde el Oligoceno superior al Plioceno - Pleistoceno. Constituyen en conjunto una serie de relleno de cuenca pasándose de facies turbidíticas gradualmente hasta depósitos fluviales.

Los materiales cuaternarios están presentes en todos los dominios.

2.1.- ESTRATIGRAFÍA

En este cuadrante existen materiales que comprenden desde el Mesozoico (Cretáceo Superior) hasta la actualidad, correspondientes a los dominios de la Cordillera Central, Trois Rivières-Peralta y Valle de San Juan

Desde el Cretácico superior hasta el Paleoceno-Eoceno predominan secuencias volcánicas básicas, intermedias y ácidas (Fm Tireo). Desde el Eoceno hasta la actualidad se depositan rocas detríticas y sedimentos químico-organógenos y todo el conjunto de depósitos cuaternarios.

En este capítulo se hará una breve descripción, siguiendo un orden por dominios de Norte a Sur, de las principales formaciones representadas en el mapa.

2.1.1.- Dominio de la Cordillera Central

2.1.1.1.- Cretácico Superior: Formación Tireo (6 a 18).

La Formación Tireo es la unidad estratigráfica más ampliamente representada en el Cuadrante de Restauración.

Litológicamente está constituida por rocas volcánicas y volcano-clásticas con intercalaciones de rocas sedimentarias, frecuentemente intruidas por rocas plutónicas e hipoabisales. Dentro de una monotonía litológica general se observa ciertas tendencias o cambios de facies. Esto es particularmente manifiesto en la hoja de Jicomé donde se observa una evolución en el sentido NE-SO caracterizada por una presencia dominante de términos volcánicos y volcano-clásticos en el SO, mientras que hacia el NE son rocas epiclásticas principalmente, con intercalaciones sedimentarias y volcano sedimentarias. Estos cambios también se refleja en el quimismo de las rocas volcánicas. Todo ello hace difícil establecer una columna tipo de la Formación Tireo.

En base a la cartografía 1:50.000 de las hojas del cuadrante se han representado en la base geológica 13 conjuntos litológicos: Rocas volcánicas de composición ácida, dacitas y riolacitas (6); Brechas volcánicas ácidas (7); Rioltas y riolacitas (8); Pórfidos micrograníticos (9); Tobas andesíticas (10); Andesitas (11); Tobas y lapilli (12); Tobas cristalinas grises (13); Sedimentos (14); Calizas grises (15); Conglomerados (16); Rocas epiclásticas (17); Cherts (18).

Las potencias estimadas son inciertas y variables, debido a la propia paleogeografía y a la existencia de numerosas fallas con salto en dirección. Se consideran espesores entre 3000 y 4000 m. para el conjunto de la formación. En esta Hoja sólo se han observado espesores de varios cientos de m.

En la cartografía 1/50.000 se le ha asignado una edad Cretáceo Superior en base a los datos de Bowin (1966), (Lewis *et al.*, 1991) y los propios obtenidos durante la fase anterior del **Proyecto C SYSMIN** (2002).

Aunque en el campo no se ha podido establecer con precisión las relaciones de contacto entre estos afloramientos y el Complejo Duarte, por el contexto regional y los estudios petrográficos se interpreta que se disponen de forma discordante.

2.1.2.- Dominio de Trois Rivières-Peralta

Dentro del este dominio afloran las siguientes formaciones de muro a techo:

Formación Trois Rivière-Peralta, Formación Neiba, Unidad Catanamatías, Formación Sombrerito, Formación Arroyo Blanco, Formación Bandera (Pleistoceno) y Depósitos Cuaternarios.

2.1.2.1.- Cretácico superior. Formación Trois Rivières - Peralta (19, 20, 21 y 22)

En la cartografía 1:50.000 se han diferenciado dos unidades: Aguamite y Bois de Laurence.

- **Unidad Aguamite (19, 20 y 21).** Esta unidad ha sido definida por Boisson (1987) en Haití, y esta constituida, según este autor por un conjunto detrítico con predominio de materiales finos que presenta intercalaciones de areniscas en capas de potencias de decimétricas a métricas, y algunos niveles de pelitas carbonatadas.

Los materiales de esta unidad ocupan aproximadamente un tercio de la superficie de la hoja 1:50.000 5973-III, formando una banda que ocupa la practica totalidad del cuarto NO de la hoja y se dirige hacia el Sureste adelgazando rápidamente hasta casi desaparecer en las proximidades del borde sureste de dicha hoja.

Está constituida por margas y areniscas, brechas calcáreas y lentejones de caliza, lutitas y areniscas con niveles de brechas y areniscas masivas. La facies predominante está constituidas en su mayor parte por lutitas carbonatadas con intercalaciones muy espaciadas de areniscas de grano fino en capas de potencia generalmente entre 3 y 30 cm gradación positiva. Estas intercalaciones forman secuencias estratocrecientes progradacionales con potencias decamétricas, lo que permite interpretar esta facies, predominante en la hoja como correspondiente a lóbulos deposicionales de turbiditas de capas finas (*Thin Bedded Turbidites, TBT*). En general la unidad de Aguamite representa un sistema turbidítico pobre en arena.

Los distintos datos paleontológicos la sitúan en el Campaniense Inferior - Medio.

- **Unidad Bois de Laurence (22).** La unidad de Bois de Laurence aflora en la hoja de Arroyo Limón ocupando dos estrechas bandas, una de las cuales coincide con el límite suroriental del dominio de Trois Rivières-Peralta, estando la otra en el borde Norte de la Sierra de Catanamatías y en los afloramientos del río de La Guama.

La unidad está constituida por un conjunto de margas y calizas micríticas con colores predominantemente rojizos y mas raramente grises claros. Se le asigna una edad Campaniense-Maastrichtiense

2.1.2.2.- Eoceno Medio-Oligoceno Superior: Formación Neiba (24, 26)

La Formación Neiba, definida por Dohm (1942) en la sierra homónima, aflora en la sierra de Catanamatías constituyendo un potente conjunto carbonatado de al menos 1300 m de potencia sin que en ningún momento llegue a aflorar su muro.

La serie esta constituida principalmente por calizas micríticas de tonos grises claros en fractura fresca y blanquecinas en superficie. Estas calizas presentan un aspecto tableado, presentándose, por lo general, en bancos de potencia decimétrica con estratificación planar y texturas “wackestone-packestone” con abundantes foraminíferos planctónicos. Entre estas calizas micríticas se intercalan ocasionalmente bancos de calizas “grainstone-rudstone” con potencias por lo general entre 2 y 3 m, si bien en algunos casos pueden alcanzar los 5 m y en otros apenas 60 cm.

Intercalados a diversas alturas dentro de la serie se han identificado y diferenciado en la cartografía una serie de materiales volcano-sedimentarios compuestos por coladas de lavas, “pillow” lavas y brechas volcano-sedimentarias que, en general, se presentan muy alteradas, pudiendo alcanzar potencias de hasta 300 m.

En conjunto se interpreta esta formación como de ambiente de plataforma distal tipo rampa.

2.1.2.3.- Oligoceno Superior: Unidad de Catanamatías (27)

Esta unidad aflora en la Sierra de Catanamatías con un potencia máxima aflorante del orden de los 1000 m. Se apoya de modo disconforme sobre la Formación Neiba reposando sobre términos mas bajos dentro de la Formación hacia el Sur.

Está constituida predominantemente por margas de color gris con tonos de alteración parduscos entre las que se intercalan pasadas de decimétricas a centimétricas de calcarenitas de grano fino con base neta y gradación positiva con laminación paralela. En los 100 m basales hay unas 5 a 7 intercalaciones de calizas brechoides y bioclásticas totalmente comparables a las que se encontraban en la Formación Neiba.

Hacia los limites de su área de afloramiento, en el límite entre las hojas 1:50.000 de Bánica y Arrollo Limón, las margas, frecuentemente con contaminación arenosa, presentan intercalaciones de areniscas calcáreas de grano medio-grueso y abundantes capas de potencia métrica de brechas calcáreas y en ocasiones conglomerados. Estas capas tienen en ocasiones una estructura caótica y en otras presentan gradaciones tanto positivas como negativas. Los “slumps” son muy frecuentes. Estas características permiten interpretar estas facies como propias de un medio de talud.

Por la asociación de foraminíferos planctónico que presenta, se le atribuye una edad Oligoceno Superior.

2.1.2.4.- Oligoceno Superior- Mioceno Medio: Formación Sombrero (28, 29, 30 y 31)

La Formación Sombrero fue definida por Bermúdez (1949) en el arroyo del mismo nombre, situado en la terminación oriental de la Sierra de Neiba. En la hoja de Arroyo Limón esta formación aflora en la parte sur de la hoja, dentro del dominio del valle de Sanjuán y en la sierra de Catanamatías, perteneciente al dominio del cinturón de Trois Rivières- Peralta.

La serie esta compuesta fundamentalmente por lutitas calcáreas entre las que se intercalan capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas y calizas bioclásticas con características típicamente turbidíticas.

Hacia techo hay unos 25 m de materiales volcano-sedimentarios muy alterados, con brechas y lópilis, cuya composición original probablemente fue de tipo básico

En el borde Suroccidental del cuadrante hay un reducido afloramiento de materiales de la Formación Sombrero que se apoya discordantemente sobre la Formación Neiba y sobre la Unidad de Catanamatías. En esta zona, está representada por margas y lutitas calcáreas entre las que se intercalan capas de areniscas calcáreas y algunos conglomerados

2.1.2.5.- Mioceno Superior-Plioceno: Formación Arroyo blanco (33)

La Formación Arroyo Blanco ocupa dentro del cuadrante de Arroyo Limón una pequeña área de afloramiento en la esquina suroccidental de la hoja 1:50.000 5973-III. Esta constituida aquí por una sucesión de lutitas y limolitas arenosas con restos vegetales y conglomerados. Son conglomerados polimícticos con cantos, bien rodados, de rocas sedimentarias, ígneas, volcánicas y metamórficas, entre las que se reconocen materiales pertenecientes a la formación Tireo y al batolito de Macutico (tonalitas foliadas). Algunos cantos de areniscas podrían proceder de la Formación Trois Rivières.

2.1.2.6.- Cuaternario

- **Formación Bandera (35)**

La formación Bandera, definida como tal por McDonald y Melson (1969) en la loma del mismo nombre, aflora en la esquina suroriental de la hoja 5873-II. Está constituida por basaltos olivínicos alcalinos. En el campo se presentan como rocas de color gris y grano fino que en ocasiones presentan texturas fluidales y vacuolas. En la mayor parte de los afloramientos se presentan muy alteradas con frecuente disyunción en bolas y “capas de Cebolla”. Tavares *et al.* (1984) han datado las coladas de Loma la Bandera como pleistocenas con K/Ar.

- **Pleistoceno - Holoceno (36, 37)**

El Cuaternario se completa con el cortejo de formaciones relacionadas con la dinámica que ha dado lugar a la configuración actual de la red fluvial. Se han agrupado los siguientes depósitos asignados al Pleistoceno y Holoceno.

Pleistoceno (36): Terrazas altas y medias, abanicos aluviales antiguos.

Holoceno (37): Terrazas bajas, coluviones, abanicos aluviales modernos, fondos de valle, coluviones.

- **Alteración Laterítica**

En muchas de las líneas de cresta asociadas a afloramientos de la formaciones Trois Rivieres y Tireo, fundamentalmente en la mitad Norte de la hoja 5973-III, se desarrolla una importante alteración de tipo laterítico. Esta alteración llega a hacer totalmente irreconocible la roca original, transformándola en arcillas de tonos rojos intensos, que pasan gradualmente a la roca fresca sin que pueda detectarse un límite preciso.

El perfil de la laterita corresponde a una capa de arcillas muy rojizas, homogéneas, blandas, de potencia métrica a polimétrica, con presencia de "stone line" residual de cuarzo. Las alteritas infrayacentes se presentan como una argilitización de color rojizo naranja con manchas blanquecinas de la roca madre, de la cual se puede observar relictos de la estructura original. La profundidad alcanzada por esta alteración supera en algún caso la decena de metros.

El fenómeno de laterización parece limitarse a la fase de argilitización, sin llegar a la formación de coraza laterítica. De hecho, no se han observado niveles de corazas pisolíticas ferruginosas, ni relictos de estas corazas o pisolitos provenientes de supuestas corazas lateríticas en los depósitos aluvionares o sedimentarios cuaternarios. Esta laterización, sin desarrollo de corazas ferruginosas, corresponde a la fase de argilitización que se observa actualmente en clima caliente húmedo; la formación de corazas ferruginosas necesita un clima caliente con alternancias de temporadas secas y húmedas.

Las alteraciones no se disponen sobre una superficie peneplanizada, sino que siguen las líneas de cresta descendiendo en ocasiones por las laderas, lo que indica que se han formado sobre un relieve similar al actual aunque con un menor grado de encajamiento de la red fluvial.

La edad de estas alteraciones es difícil de estimar, y aunque continua en la actualidad podría haberse iniciado ya en el Plioceno o incluso antes. En la hoja de Bánica, en el cauce del río Artibonito, la base de la formación Arroyo Seco está formada por sedimentos procedentes de la erosión de estas alteritas, lo que es coherente con la edad antes indicada.

2.2.- ROCAS INTRUSIVAS Y FILONIANAS

2.2.1.- Tonalita con anfíboles (3)

Las tonalitas del Cuadrante de Restauración representan el 9% de la superficie cartografiada y afloran en dos sectores.

El primero forma una faja alargada NE-SO desde Los Cerezos hasta Río Limpio.

El segundo se encuentra en el cuarto NO de la hoja, a lo largo del Río Libón, en la frontera con Haití y su extensión del lado haitiano se desconoce. La faja Los Cerezos - Río Limpio está conforme a la orientación estructural dominante y constituida por 3 pequeños cuerpos lenticulares, sigmoides, de 5 km de largo y 2 km de ancho. Estas tonalitas siempre corresponden a depresiones topográficas; intruyen a las unidades de la Fm Tireo provocando localmente un ligero metamorfismo de contacto, observable, en particular en el sector de las Rosas, en el contacto norte entre la tonalita y las tobas y sedimentos.

En afloramiento, las tonalitas se reconocen fácilmente, a pesar de una frecuente saprolitización, debido a la meteorización.

Los afloramientos más frescos se encuentran en el cauce del Río Artibonito, en particular en el lugar conocido como Ravinzal. La facies petrográfica es generalmente homogénea. Se trata de una roca leucocrata, equigranuda localmente porfídica, constituida por cuarzo, plagioclasa y anfíbol (hornblenda verde). La biotita y feldespato potásico son accesorios. Diques de potencia máxima métrica y de composición dacítica a andesítica recortan localmente la tonalita y arman generalmente pequeños relieves. A nivel local (Río Artibonito a cerca de Ravinzal), se observa una débil orientación preferencial magmática. Esencialmente está marcada por el alargamiento preferencial de los enclaves perpendicularmente a una familia de juntas abiertas con relleno de material felsítico. Por otro lado se nota una frecuente epidotización de las juntas asociada al desarrollo de un pequeño halo de alteración pervasiva en el seno de la tonalita.

El espectro de edades radiogénicas retenidas por las tonalitas del batolito de Loma Cabrera va de 80 y 88 Ma, mientras que una dacita datada por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sobre hornblenda tomada en la región de Restauración dio una edad de 81.2 ± 8.2 Ma

(Jiménez y Lewis, inédito). Estas edades no son exclusivas y muestran que la tonalita estudiada podría representar las raíces plutónicas del volcanismo de la Fm Tireo.

2.2.2.- Microdioritas – Microgabros (2)

Cuatro pequeños cuerpos aislados de 1 km² o menos, de composición microdiorítica (a menudo cuarcítica) a microgabroídica, intruyen diferentes unidades de la Fm Tireo. Representan menos del 1% de la superficie cartografiada. Esta facies, siempre alterada, aflora muy mal. Salvo en la muestra 01GS9151 con clinopiróxeno y plagioclasa localmente preservados, una intensa alteración, con clorita, epidota, cuarzo, carbonatos y opacos, oblitera completamente la paragénesis primaria.

Estos microdioritas-microgabros podrían corresponder a facies más máficas de borde de las tonalitas.

2.2.3.- Diques máficos (4)

Los diques de metabasaltos doleríticos, raramente microgabros, son de color oscuro, verde a azul, con textura afanítica, localmente porfídica. Cortan la tonalita y localmente las tobas andesíticas.

Al microscopio, la mineralogía de los diques doleríticos está formada por plagioclasa, piróxeno y/o hornblenda (a veces, no se pueden distinguir los diferentes ferromagnesianos), en una matriz afanítica con microlitos de plagioclasa y óxidos de Fe-Ti. Los ferromagnesianos primitivos están reemplazados por agregados de clorita, sericita y anfíbol (tremolita-actinolita). También se observan rellenos de calcita y clorita.

Como al afloramiento, no se nota una deformación y las rocas se clasifican como doleritas con textura ofítica. La alteración hidrotermal es responsable del relleno de las vesículas o pequeños huecos.

2.2.4.- Diques félsicos (4)

Los diques félsicos son de color beige muy claro, de potencia decimétrica a métrica, con una textura en general afanítica en la cual sólo se notan algunos raros feldespatos y/o cuarzos globulares. Arman pequeñas crestas en la tonalita.

Al microscopio, los raros fenocristales de cuarzo y plagioclasa están inmersos en una matriz muy finamente cristalizada cuyos minerales magmáticos son cuarzo y plagioclasa. No se observan ningunos ferromagnesianos magmáticos.

La composición es dacítica a riolítica.

La alteración es frecuente y se caracteriza por el desarrollo de sericita, constituyente predominante de la matriz, y epidota.

2.2.5.- Rocas ultrabásicas (serpentinizadas) (1)

Las rocas ultrabásicas serpentinizadas sólo afloran en tres pequeños sectores limitados al N de la hoja de Restauración. Representan a penas el 0.3% de la superficie cartografiada pero tienen una gran importancia porque subrayan en particular los accidentes principales de la zona de falla regional Macutico-Burende.

Se trata de serpentinitas que forman pequeños relieves. La roca es muy oscura a menudo azulada, fuertemente deformada de manera dúctil y frágil, con espejos de fallas estriados distribuidos de forma aleatoria. La alteración laterítica forma con frecuencia un nivel arcilloso rojo oscuro que se distingue de los otros niveles arcillosos por la intensidad de su color.

La interpretación y la edad de estas rocas ultrabásicas (UB) continúan siendo problemáticas. Se trata o bien de jirones de rocas UB genéticamente vinculadas al complejo Duarte-roca UB como la interpretó Draper et al. (1996) y levantadas a lo largo de fallas crustales, o bien de rocas UB en relación con la base de la formación de arco Tireo. No es posible concluir a este estado de investigación.

2.3.- CONTEXTO GEODINÁMICO DE LA ISLA LA ESPAÑOLA

La Española es la segunda isla en extensión de las Antillas Mayores, que forman el segmento septentrional de la cadena de arcos de isla que circunda la Placa del Caribe desde Cuba hasta Venezuela. Entre las denominaciones más habituales para referirse a esta cadena están las de Gran Arco del Caribe (Mann *et al.*, 1991) o Arco de Isla Circum-Caribeño (Burke 1988). Este Gran Arco de Islas comenzaría a formarse en el borde oriental del Océano Pacífico, en la Placa Farallón (Pindell y Barret, 1990; Mann, 1991), y sería alóctono hacia el ENE, respecto a las placas de Norte y Sudamérica (Pindell, 1994), mientras que Meschede y Frisch (2002), postulan su origen entre las placas Norte y Suramericana, en una posición adyacente a la margen noroccidental de Suramérica.

La Española, conjuntamente con Puerto Rico, está limitada al norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a su traza, y al sur, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos (Byrne *et al.*, 1985; Masson y Scanlon, 1991). El margen norte de la Placa del Caribe ha evolucionado desde constituir un límite controlado por subducción en el Cretácico y parte del Eoceno, a ser hoy, tras la colisión de esta placa con la plataforma de las Bahamas (Colisión Arco-Continente), un límite dominado en gran parte por desplazamientos en dirección de carácter senestro, que acomodan el desplazamiento hacia el Este de la Placa del Caribe en relación con Norteamérica (Mann *et al.*, 1991).

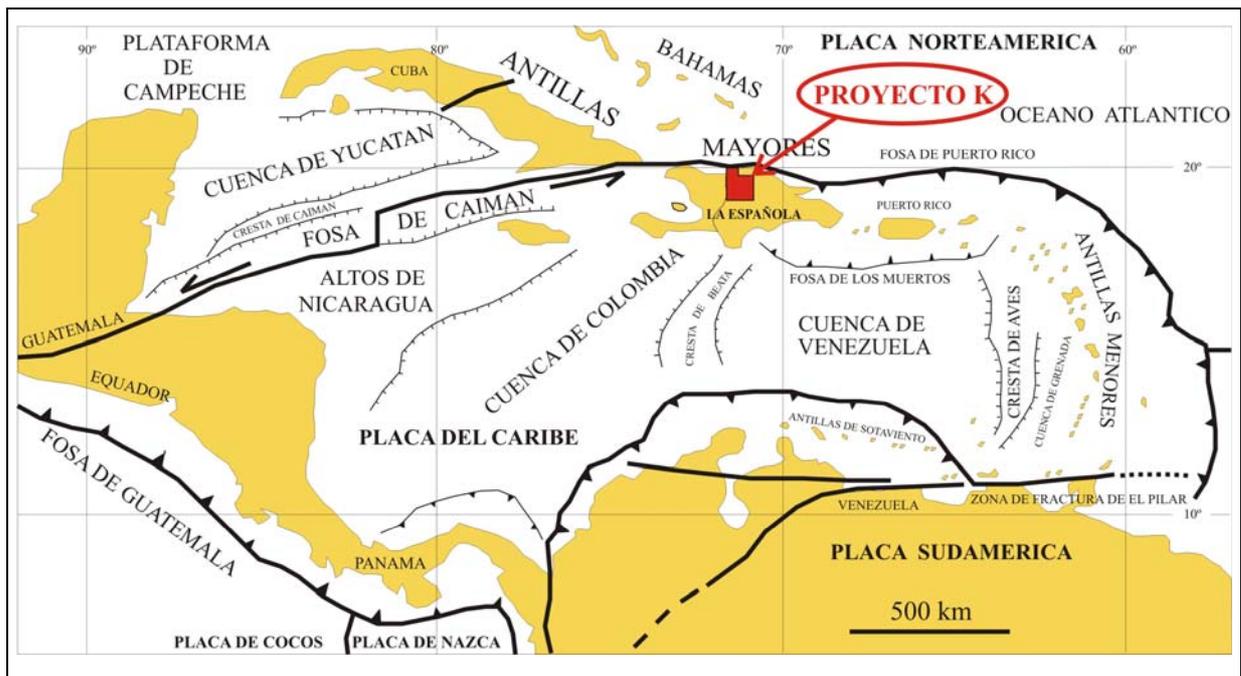


Figura 3.- Contexto geodinámico de la placa Caribe (Draper y Gutierrez-Alonso, 1997)

La subducción intraoceánica durante el Cretáceo Inferior, en los terrenos actualmente situados al norte de la Zona de Falla de La Española, una gran zona de falla con movimientos principales de desgarre que separa los dominios de Ámina-Maimón y Cordillera Central, daría lugar a la formación de un arco isla primitivo, durante el Aptiano-Albiano (Draper *et al.*, 1996), así como un cambio composicional desde series N-MORB hacia series toleíticas (Lewis *et al.*, 1995.)

En el Cretácico superior, en los terrenos situados al sur de la misma zona de falla, la subducción produjo un importante magmatismo que dio lugar por una parte a un nuevo arco volcánico (Arco II, representado por la Formación Tireo), y numerosas intrusiones gabro-diorítico-tonalíticas, así como un engrosamiento de la corteza oceánica y formación de una meseta oceánica, representada por la Formación Siete Cabezas, localizada al Este del área del Proyecto, con una edad equivalente a la de la Meseta Caribeña (Lewis *et al.*, 2002). Las rocas ígneas del segundo arco volcánico (Arco II) pertenecen a series toleíticas de arco primitivo que evolucionan con el tiempo a series calco-alcalinas, típicas de un estadio más maduro, con gran espesor de la corteza.

El margen meridional de La Española y Puerto Rico ha pasado de comportarse como una trasera de arco al comienzo del Eoceno, a constituir en la actualidad un margen activo con subducción de la corteza oceánica del Caribe bajo el arco de islas Circum-Caribeño (Burke *et al.*, 1978; Burke, 1988; Dolan *et al.* 1991).

La colisión con la plataforma de Las Bahamas, con componente oblicua, comenzó en el Eoceno medio en Cuba (Pardo *et al.*, 1975) y terminó en el Oligoceno Inferior en Puerto Rico (Dolan *et al.*, 1991). Entre estas dos islas, en el segmento correspondiente a La Española, la colisión ocurrió en el intervalo Eoceno Medio-Superior. La tectónica

de desgarre comenzó, en este margen norte de la placa, a partir del Eoceno con la apertura del Surco del Caimán (Mann *et al.*, 1991) y se mantiene hasta la actualidad, en un contexto fundamentalmente transpresivo para todo el conjunto de la isla.

A partir del Eoceno Medio cesa la actividad magmática en el sector del arco correspondiente a las Antillas Mayores, pero continúa la deformación producida por importantes fallas con desgarres senestros, principalmente, con apertura de cuencas locales e intensa fracturación hasta la actualidad. En cambio en las Antillas Menores la actividad magmática continúa hasta la actualidad, debido a la subducción del fondo oceánico atlántico en la Fosa de Barbados (Pindell y Barret, 1990; Pindell, 1994)

El movimiento relativo hacia el este de la Placa Caribeña respecto a la Placa Norteamericana, se acomoda en el margen septentrional de La Española por la zona de subducción de la Fosa de Puerto Rico y por la Falla Septentrional, en una articulación en la que se conjugan la convergencia oblicua en la primera, y los movimientos de desgarre senestro en la segunda (Dolan y Mann, 1998; Dolan *et al.*, 1998).

2.4.- HISTORIA GEOLÓGICA

La historia geológica de la isla comenzó en un dominio intraoceánico sobre un basamento de rocas básicas y ultrabásicas (Complejo Duarte) de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Placa Proto-Caribeña). La posición original de esta placa, donde se generó el primitivo arco isla, estaría situada en el borde oriental del Océano Pacífico, en la Placa Farallón (Pindell y Barret, 1990; Mann, 1991), o entre las placas Norte y Suramericana (Meschede y Frisch, 2002). Esta placa se habría desplazado progresivamente hacia el ENE, respecto a las placas de Norte y Sudamérica (Pindell, 1994).

Una subducción intra oceánica durante el Cretácico Inferior en los terrenos situados al N de la Zona de Falla de La Española, daría lugar en un principio a la formación de un arco isla primitivo, representado aquí por la Formación Ámina-Maimón, y más al E del área de este Proyecto también por la Formación Los Ranchos (Kesler *et al.*, 1991). Se trata de series volcánicas y volcansedimentarias correspondientes a un volcanismo bimodal, básico-intermedio y ácido, de afinidad toleítica que evoluciona a calcoalcalina, con mineralizaciones asociadas de sulfuros con leyes en Au locales (Pueblo Viejo, Cerro Verde).

Al S de la Zona de Falla de La Española, durante el Cretácico Superior, en relación con los procesos de subducción se produce un importante magmatismo que da lugar por una parte a un nuevo arco volcánico (Arco II ó Formación Tireo) y numerosas intrusiones gabro-diorítico-tonalíticas, así como un engrosamiento de la corteza oceánica (Lewis *et al.*, 2002). Este volcanismo también es bimodal, de afinidad toleítica que evoluciona a calcoalcalina, con predominio de series volcánicas o volcansedimentarias.

sedimentarias, según sectores, y mineralizaciones locales de sulfuros con leyes en Au (Restauración, El Yujo). Coincidiendo con el volcanismo y prolongándose en el tiempo, se producen intrusiones subvolcánicas en forma de domos así como la intrusión de importantes macizos o plutones, siendo el más importante el Batolito de Loma de Cabrera.

Los procesos de subducción, a la vez que el magmatismo, producen la deformación de todos los materiales con desarrollo de pliegues muy variados, desde isoclinales, normalmente rotos y traspuestos, a pliegues suaves y abiertos, según los dominios o subdominios, y una esquistosidad regional planar o plano-lineal, con fábricas locales S-C filoníticas a miloníticas, producidas por importantes bandas de cizalla dúctil a dúctil-frágil. Aunque estos procesos constituyen una secuencia continua, la intensidad de la deformación no se mantiene uniforme, si no con diversos picos de mayor intensidad o periodos deformativos y/o metamórficos.

Estos procesos terminan al final del Cretácico Superior-Eoceno Inferior con la llegada a la zona de subducción del margen continental norteamericano, representado por la Plataforma Carbonatada de Bahamas (Pardo *et al.*, 1975; Dolan *et al.*, 1991; Pérez-Estaún *et al.*, 2002) y la consiguiente colisión.

A partir del Eoceno Medio cesa la actividad magmática en el sector del arco correspondiente a las Antillas Mayores, pero continúa la deformación producida por importantes fallas con desgarres sinistros, principalmente, con apertura de cuencas locales e intensa fracturación hasta la actualidad. Este es el caso de la Zona de Falla de La Española, con la Cuenca de Magua-Tavera ligada a ella, iniciada en el Paleoceno con basaltos y brechas basálticas de quimismo alcalino, y rellenada durante el Eoceno –Oligoceno Inferior por depósitos conglomeráticos, turbiditas y calizas arrecifales. Parte de estos materiales proceden de la denudación de la Cordillera Central, que se estaría elevando en esta época.

Como consecuencia de la elevación se desarrolla una red fluvial que, con sentido Sur-Norte, va a excavar los valles en los que posteriormente se depositarán los conglomerados de la Formación Bulla. El depósito de esta formación tiene lugar durante un ascenso relativo del nivel del mar que va a provocar el relleno de los valles previamente excavados, probablemente de forma simultánea con la formación de los depósitos sintectónicos del borde Sur de la Cordillera. Este ascenso eustático culmina con el depósito de la Caliza de Monción y tras él se produce una caída relativa del nivel del mar que da lugar a una discontinuidad.

Un nuevo ascenso relativo del nivel del mar tiene lugar durante el Mioceno Superior coincidiendo con un cambio en estructuración de la cuenca, marcado en la zona de estudio por el accidente de Cana-Gurabo, y que va a hacer que la línea de costa, y las facies más someras se sitúen no al Sur, sino al Oeste. A partir de este momento la cuenca parece estar afectada por una serie de fallas extensionales que podrían estar

en relacionadas con una relajación de esfuerzos tras el levantamiento transpresivo de la Cordillera Central. El máximo ascenso relativo tiene lugar en la parte alta del Mioceno superior, y tras el se produce una estabilización del nivel relativo durante la cual se depositan las Calizas de Ayahamas.

Una nueva caída del nivel del mar tiene lugar en la parte más alta del Mioceno Superior dando lugar a la discontinuidad de techo de la Formación Cercado. Esta caída relativa es más acentuada al oeste del Accidente de Cana-Gurabo, mientras que al Este está algo más atenuada por la mayor tasa de subsidencia que presenta este sector.

Casi en el límite Mioceno-Plioceno, pero todavía en el Mioceno terminal, tiene lugar un nuevo ascenso relativo del nivel del mar, que da lugar al depósito de la Formación Gurabo. Una caída del nivel relativo del mar en el Plioceno Inferior daría lugar al desarrollo de las facies arrecifales de la Formación Mao Adentro.

La elevación de la Cordillera Central es un fenómeno que continúa en la actualidad, produciendo un encajamiento progresivo de la red fluvial y la colmatación de las cuencas a N y S de la cordillera.

3.- RECURSOS MINERALES, DESCRIPCIÓN

Como se ha dicho, la zona de estudio está en una gran parte incluida en los dominios de Amina-Maimón y de la Cordillera Central y, dentro de este último, dominan los afloramientos de la Fm Tireo. La Fm Tireo es, junto con la de Los Ranchos y, en menor medida la de Amina-Maimón, no presentes en la zona, las más fértiles en mineralizaciones y las que tienen un mayor potencial metalogénico. El objeto de deseo y modelo de la exploración es el yacimiento epitermal de Pueblo Viejo en los Ranchos. Sin embargo, en la cordillera central existen otros tipos de mineralizaciones epitermales de metales preciosos en la Fm. Tireo (mineralización de El Higo o Centenario, Constanza) y de sulfuros masivos polimetálicos en la Fm. Maimón (Cerro Maimón). En los cuadrantes de Bonaó y de Constanza, y en los de Monte Plata-El Seibo, estos últimos estudiados en el Proyecto L, se encuentran las mineralizaciones metálicas más importantes de la República Dominicana. Esta valoración se cumple, así mismo, en la presente zona, en la que existen numerosas y diversas mineralizaciones, algunas de las cuales constituyen o han constituido recientemente (Candelones, Guano-Naranjo y Montazo) objetivos de prospección y de valoración minera.

Las mineralizaciones de minerales metálicos del cuadrante de Restauración se restringen a las de Au y de Cu, aún cuando estas últimas también contienen o pueden contener Au en su paragénesis.

3.1.- MINERALIZACIONES DE RECURSOS METÁLICOS

3.1.1.- Mineralizaciones de Au epitermales

Las posibilidades de observación y el grado de conocimiento de los indicios de mineralización de la zona son muy diversos. De algunos de ellos existen estudios detallados, fruto de estudios de exploración y de valoración (indicios de Candelones y otros, por ejemplo) que permiten establecer para ellos una tipología. Otros en el extremo opuesto no expresan siquiera contenidos anómalos en oro u otros metales, aunque sí alteraciones hidrotermales llamativas, que junto a características geológicas similares hace que las considere como indicios de mineralización en el sentido estricto de la palabra. Por otra parte, considerando el marco regional de este estudio y las escasas posibilidades de caracterización a nivel individual de los indicios, en ciertos casos los resultados analíticos o microscópicos negativos en cuanto a contenidos en oro no impiden que se les considere como indicios de mineralización por otras razones y que se reflejen en la cartografía, por otro tipo de rasgos o atributos (alteraciones, litología, situación estructural). Además, la forma irregular (efecto pepita del oro) de presentarse las mineralizaciones de metales nativos en este tipo de sistemas, hace que la presencia o no de oro en unas pocas muestras no sea definitoria de la existencia de mineralización. Por todo ello, hay que tener en cuenta que se incluyen en

este apartado indicios de mineralización e indicios susceptibles de estar o pertenecer a un sistema mineralizado.

Las mineralizaciones epitermales y/o los sistemas hidrotermales asociados aparecen en diversas unidades estratigráficas.

3.1.1.1.- Mineralizaciones de Au (Cu-Zn) epitermales en la Fm. Tireo

La importancia del yacimiento de Pueblo Viejo, en la Fm. Los Ranchos y, posteriormente, el hallazgo de otra mineralización epitermal de oro y plata en la Fm. Tireo (Yacimiento de El Higo) ha impulsado estimulado en los últimos años la investigación por este tipo de yacimientos en dicha Fm. Diversas compañías han realizado o realizan exploración sobre esos modelos en la Fm. Tireo, la Corporación Minera Dominicana, el BRGM en el marco de un proyecto financiado por SYSMIN y, actualmente, Unigold.

La Fm Tireo está formada mayoritariamente por rocas volcánicas con una gama de composiciones amplia, desde rocas piroclásticas básicas, a andesitas, las más abundantes, e incluso a términos ácidos, dacitas y riódacitas. Los indicios de Au de este tipo aparecen en prácticamente toda la gama composicional. La naturaleza de las rocas encajantes, todo lo más, puede influir es en la mayor o menor abundancia de ciertos elementos acompañantes del Au, como el Cu o el Zn.

En la zona de estudio pueden distinguirse, en los materiales de la Fm. Tireo, las siguientes zonas e indicios de mineralizaciones epitermales de Au.

Indicio de Corozo (nº 1)

En el extremo NO del cuadrante de Restauración, junto a la frontera con Haití (Paso de Corozo), se encuentra el prospecto de Corozo, actualmente en investigación y evaluación por Unigold. El indicio se encuentra en un afloramiento de la unidad de tobas y lavas andesíticas de la Fm. Tireo y próximo al contacto con un cuerpo intrusivo de tonalitas. Está situado en la zona de influencia de una estructura de desgarré de dirección NO-SE de importancia regional, lineamiento visible en la imagen LANDSAT. A otra escala, el marco litológico en el que se ubica está formado por rocas volcánicas intermedias y términos más ácidos (riódacitas y dacitas).

Las rocas intermedias y ácidas de la Fm. Tireo muestran diversos grados y tipos de alteración hidrotermal que, en sus casos más extremos, llegan a una silicificación casi total de ellas que se manifiesta en afloramientos de rocas con apariencia de cherts con tonalidades blancas y rosadas por pátinas de óxidos de hierro.

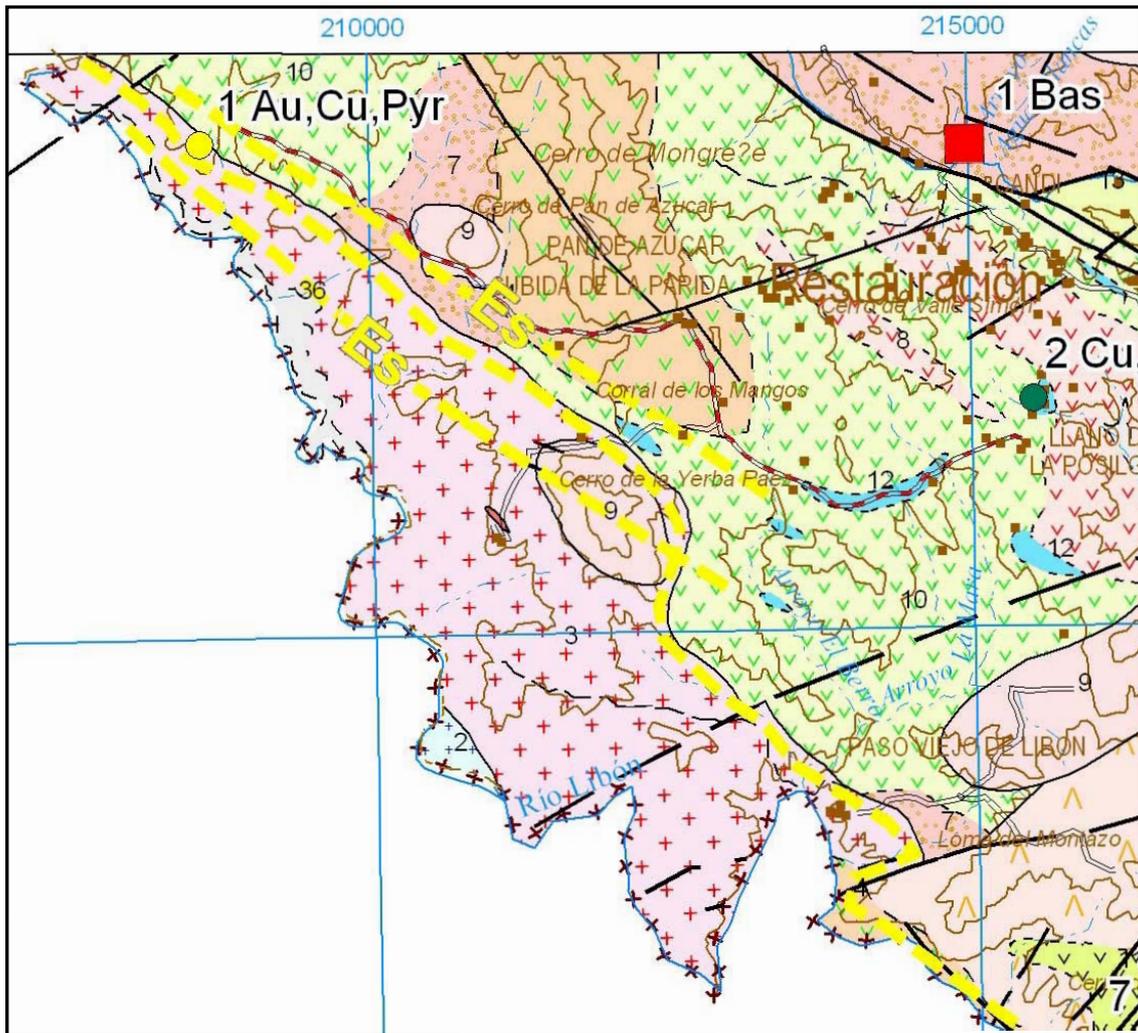


Figura 4. Ampliación, en el sector del inicio de Corozo, del Mapa de Recursos Minerales.

Conservan en muchas ocasiones y a pesar de ello, la estructura bandeada de la roca original. Se observa una cloritización generalizada de las rocas volcánicas, enmascarada por procesos de sericitización y silicificación sobreimpuestas y de menor extensión espacial. Los aportes de sílice hidrotermal provocan, en los materiales más básicos, su epidotización intensa. Los términos más silicificados muestran diseminación de sulfuros (pirita) o boxworks de óxidos de hierro como consecuencia de la alteración supergénica. Coincidiendo con las zonas más silicificadas aparecen afloramientos de gossan o monteras ferruginosas, compuestas casi totalmente por óxidos e hidróxidos de Fe-Mn y sílice.

Las rocas volcánicas alteradas están atravesadas por numerosas estructuras filonianas de cuarzo y sulfuros (pirita) pseudomorfizados y alterados por óxidos de hierro. En su encajante inmediato, la alteración (silicificación y sericitización o argilitización) es más intensa en envolventes decimétricas a métricas. Aunque los afloramientos "in situ" son escasos se han podido determinar algunas direcciones de estructuras, que están en direcciones N40-N70° y, a veces, N110° a N130°.

Un análisis químico multielemental realizado en una roca silicificada muestra contenidos muy bajos en la totalidad de elementos mayoritarios, y bajos aunque significativos en Au (7 ppb). Son, por el contrario, relativamente más altos y anómalos en Cu (110 ppm), As (17 ppm), Sb y Mo (12 ppm) y Pb (10 ppm).



Fotos 1 y 2. Venas de cuarzo en afloramientos de rocas volcánicas alteradas (silicificación y argilitización) y ferruginizadas. Direcciones de las estructuras N70° y N45° respectivamente. Prospecto de Corozo. Indicio 1.



Fotos 3. Bloque de chert o jaseroide con restos de la estructura bandeada y con diseminación de sulfuros oxidados. Silicificación casi total de roca volcánica.

Foto 4. Bloque de roca volcánica muy alterada y ferruginizada en área donde aparecen pequeñas monteras ferruginosas locales (acumulación de fragmentos de gossan).

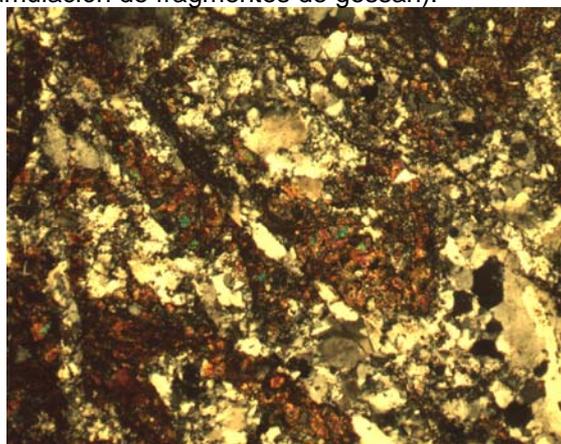
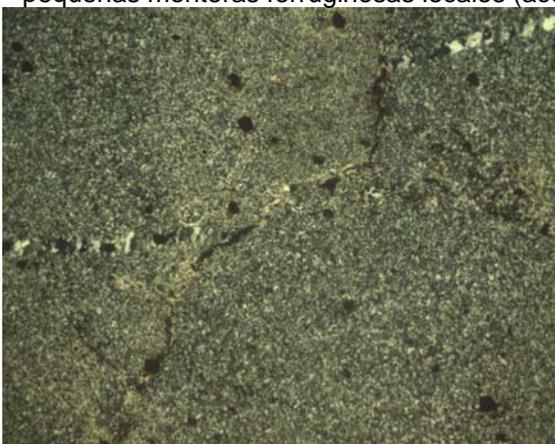


Foto 5. Aspecto microscópico de jaseroide de Corozo. Luz transmitida. 25X. Nícoles X. Matriz de Qz microcristalino, atravesado por venas de Qz posterior y sericita. Diseminación de sulfuros (Py). Alteración cuarzo sericítica.

Foto 6. Luz transmitida. 50X. Nícoles X. Brecha de Qz y epidota

Zona de Candelones-Montazo y Guano-Naranjo (Mineralizaciones de Restauración)

Se agrupa bajo este nombre genérico a un grupo de tres prospectos principales y próximos, llamados Candelones, Guano-Naranjo y Montazo, centrados en cerros de los mismos nombres, así como a otros con menor desarrollo espacial pero significativos (indicios nº 7, 8, 9, 10). Se trata en realidad de una gran zona relacionada con un gran sistema epitermal con expresiones de mineralización restringidas a estructuras más concretas y locales.

Primero investigados por Rosario Dominicana fueron reestudiados y valorados posteriormente por BRGM-Rosario Dominicana (Proyecto SYSMIN Depósitos Auríferos de Restauración, 1998). Para una información más detallada se remite al informe correspondiente.

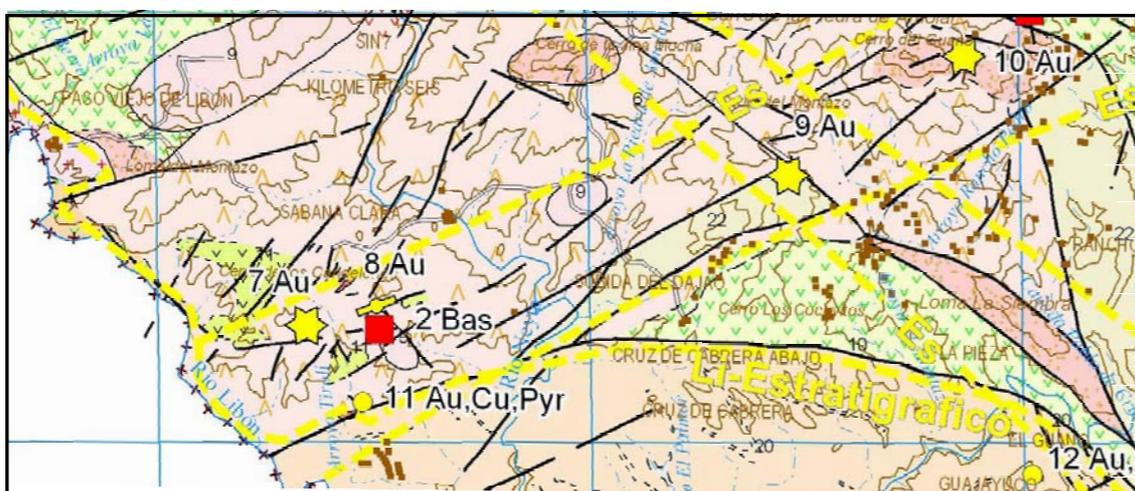


Figura 5. Zoom del Mapa de Recursos Minerales del cuadrante de Restauración en el entorno de las mineralizaciones de Au de Restauración, mostrando la situación relativa de los indicios.

Las **mineralizaciones** encajan mayoritariamente en **rocas volcánicas y piroclásticas ácidas (riodacitas y dacitas) de la Fm. Tireo superior**. Se localizan en varias estructuras subverticales de hasta 600 m de longitud, y de unas decenas de metros hasta 200 m de anchura. La mineralización aparece en ellas en forma diseminada y en finos stockworks dentro de las rocas volcánicas fuertemente hidrotermalizadas, concentrada en estructuras en estructuras en el eje de las zonas con fuerte alteración hidrotermal.

Las **alteraciones hidrotermales** son de varios tipos, con una distribución espacial diferente con respecto a los ejes o estructuras de mineralización, así como en el especto cronológico. Las alteraciones hidrotermales deben ser diferenciadas de los procesos retromórficos que afectan a las rocas (caso de la cloritización, no siempre fácil de distinguir) y de los procesos de alteración supergénica. Los procesos de alteración de origen hidrotermal son fundamentalmente dos, de **carácter pervasivo**, que afectan a amplios volúmenes de roca en forma difusa, **alteración clorítica** y

alteración cuarzo sericítica (con piritización acompañante), y uno posterior más fisural y espacialmente limitado. Con respecto a estas alteraciones hay que decir que la cloritización se presenta siempre en forma externa a la silicificación en relación a los ejes de mineralización. Esta disposición más distal se explica por la relación cronológica entre ambas.

La **cloritización** es la fase de alteración inicial. La clorita (proclorita) aparece en forma intersticial en la matriz de las rocas por sustitución de feldespatos y ferromagnesianos. Su incorporación no va acompañada por la de sulfuros diseminados.

La **silicificación** (con **sericita-pirofilita**) pervasiva es posterior en el tiempo y tiene un alcance espacial menor. En las zonas más próximas a las estructuras la clorita es remplazada por sílice y sericita, por lo que en las zonas más distales permanece la impronta clorítica que va desapareciendo hacia las proximales. La silicificación borra o enmascara a la cloritización allí dónde se superpone a ella. Dentro de esta aureola de silicificación se intuye asimismo una zonalidad sutil, pues parece que la sericitización es más intensa en la zona más próxima a la mineralización. Esta fase de alteración se acompaña de una piritización, asimismo, difusa. Las rocas afectadas por ella se manifiesta con el aspecto de cuarcitas de grano fino (falsas cuarcitas, ya mencionadas en Pueblo Viejo) en las cuales sobreviven algunos fenocristales de cuarzo volcánico y con una diseminación de cristales idiomorfos de pirita. El resultado es una asociación cuarzo-sericita-pirofilita-pirita.

Silicificación posterior fisural. En forma posterior, se produce una alteración hidrotermal de carácter más fisural y centrado en las inmediaciones de estructuras. Consiste en pequeñas venillas de cuarzo con sulfuros que cortan a la roca silicificada y producen una silicificación reducida y difusa de los encajantes (a veces con una diferente textura del cuarzo) y una nueva diseminación de baritina y sulfuros intersticiales. Asociación resultante de cuarzo-pirofilita-barita-sulfuros.

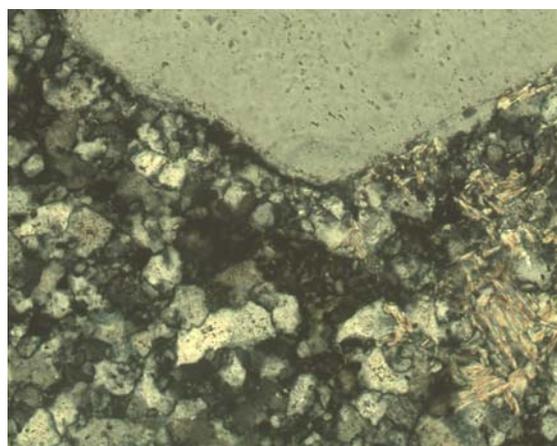
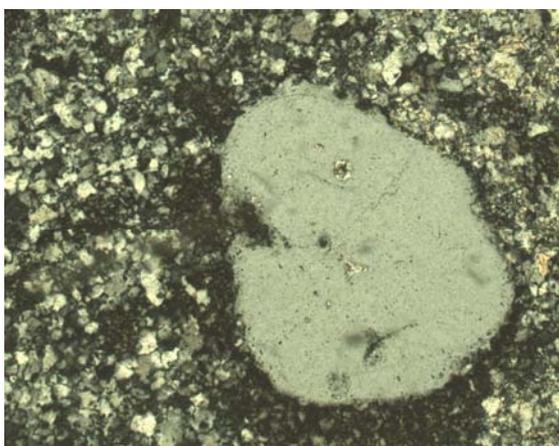


Foto 7. Luz transmitida. 100X. NícolesX. Muestra (32) de afloramiento en el cerro de Montazo (x: 222204, y: 2133863). Fenocristal globular de cuarzo en roca ácida cloritizada y silicificada. Sericita sobreimpuesta. Clorita en matriz y en corona alrededor de cuarzo.

Foto 8. L.T. 100X. NX. Detalle de clorita intersticial entre cuarzo. Sericita sobreimpuesta.

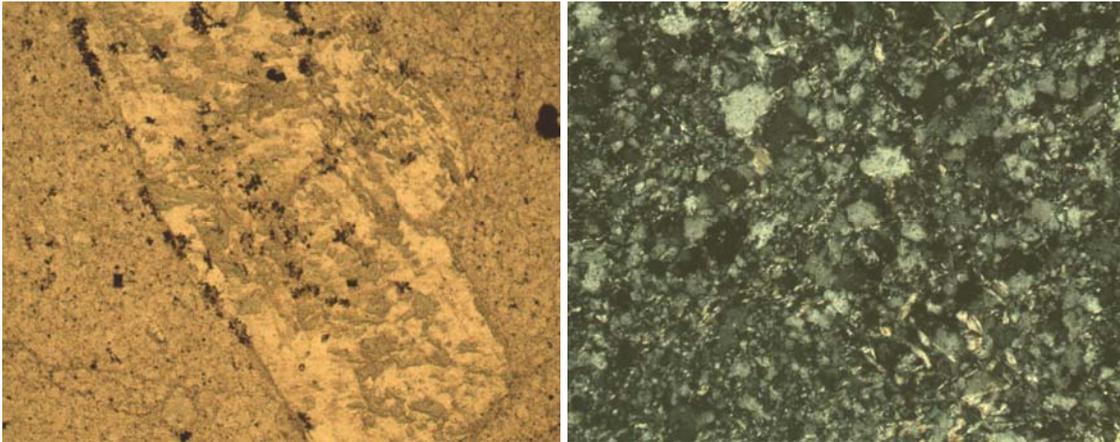


Foto 9. L.T. 50X.NX. Muestra de Sondeo SC-18-108 m. Plagiocalasa en proceso de remplazamiento por clorita en roca volcánica porfídica. Matriz parcialmente cloritizada.
Foto 10. L.T. Muestra 32C.Montazo.200X. NX. Mesostasis silicificada con poca clorita intersticial y algo de sericita.

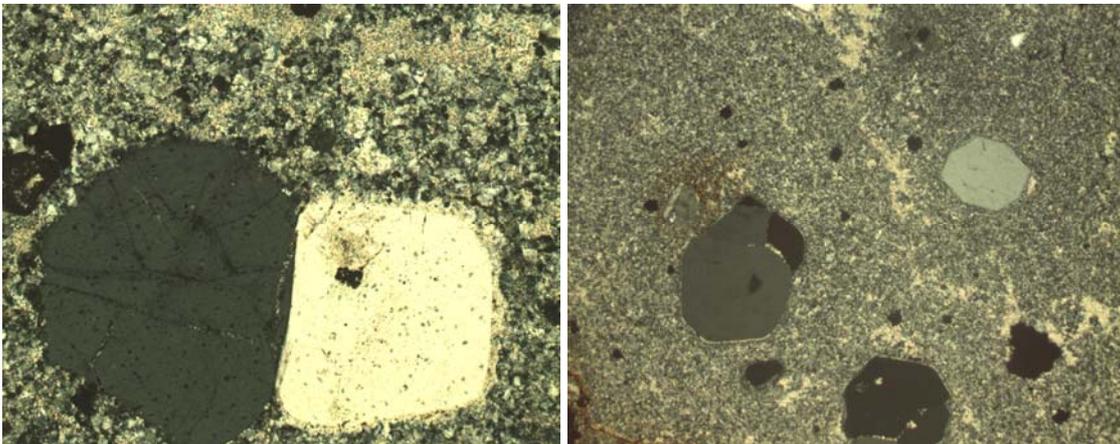


Foto 11. LT. 50X. NX. Muestra 32 B, Montazo (x: 222204. y: 2133863). Fenocristales Qz volcánico. Mesostásis silicificada. Pirofilita. Sulfuro en la matriz.
Foto 12. L.T. 25X.NX. Muestra 32 B. Montazo. Riodacita silicificada y con pirofilitización fisural y pervasiva. Diseminación de pirita en mesostasis.

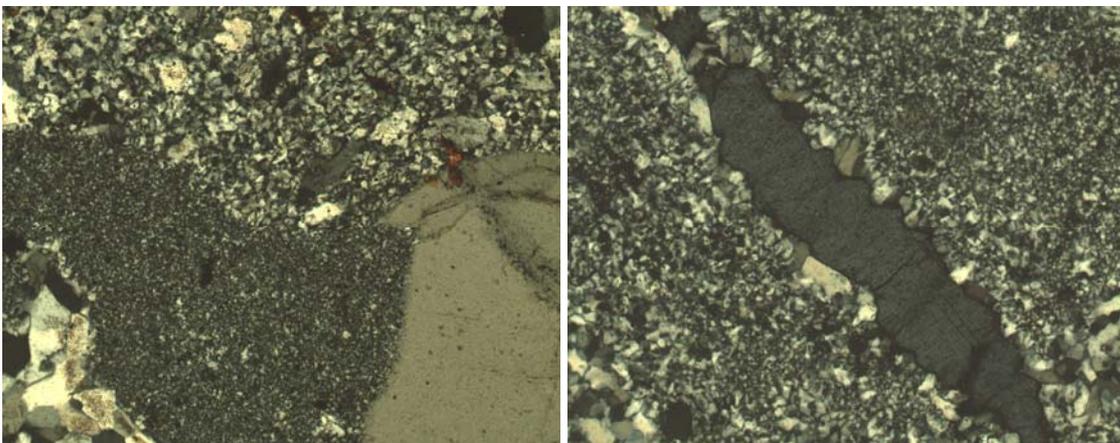


Foto 13. Cerro de Candelones. Muestra 30 (x: 216585. y: 2131647).L.T. 100X.NX. Fenocristal de Qz volcánico en matriz silicificada. Silicificación posterior de grano más fino asociada a vena de cuarzo en la esquina inf. izqda.
Foto 14. Cerro de Candelones. Muestra 30. L.T. 100X.NX. Vena de cuarzo hidrotermal con núcleo de barita cortando a roca totalmente silicificada. Silicificación pervasiva anterior.

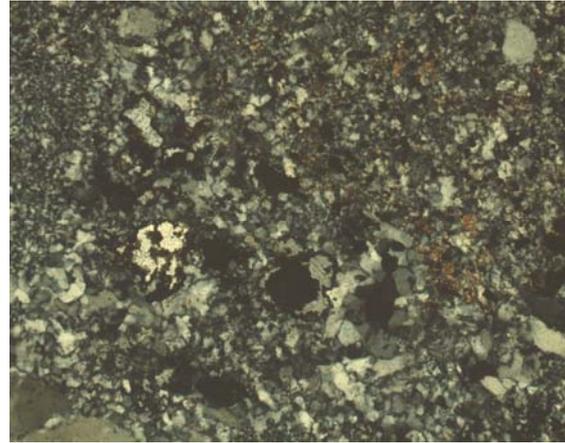


Foto 15. Candelones. Muestra 30. L.T. 100X.N.X. Vena de cuarzo en roca volcánica silicificada con barita. Pirofilitización incipiente de la roca de caja.
Foto 16. Cuarzo hidrotermal en roca silicificada con sulfuros y barita. Pirofilita.

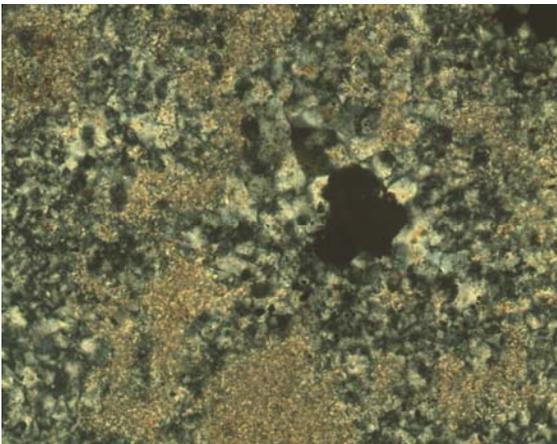


Foto 17. Montazo. Muestra 32. L.T. 25X.N.X. Roca volcánica ácida totalmente silicificada con barita. Sulfuros en venillas y dispersos. Pirofilitización pervasiva.
Foto 18. Montazo. Muestra 32.L.T..Núcleo de cristalización de sílice tardía con sulfuros. Pirofilitización difusa, en "nubes", de la matriz silícea.

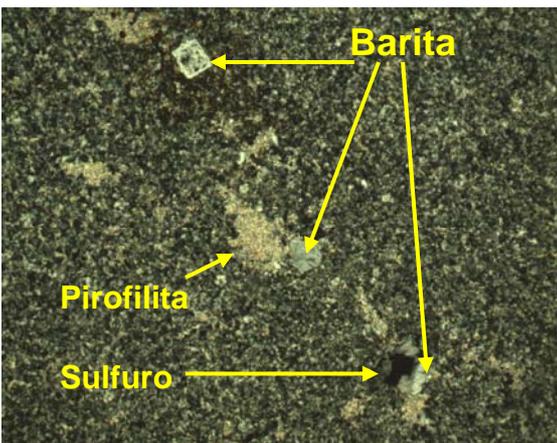
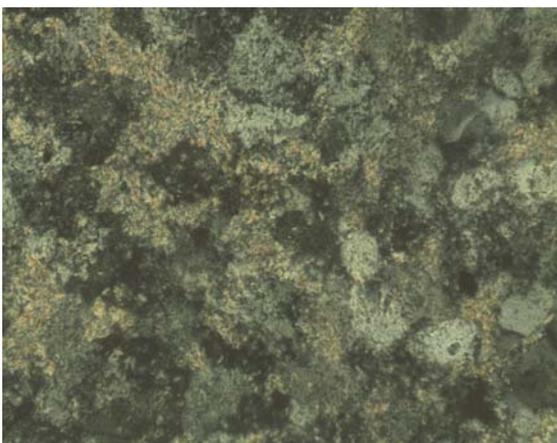


Foto 19. Muestra 36 (x: 222237. y: 2134140). L.T.200X. N.X. Roca totalmente silicificada con pirofilita. Pirofilita en "nubes".
Foto 20. Muestra 36 B. (x: 222259. y: 2134448). L.T. 50X.N.X. Roca volcánica ácida silicificada con vena irregular de cuarzo, pirofilita y barita-sulfuros.

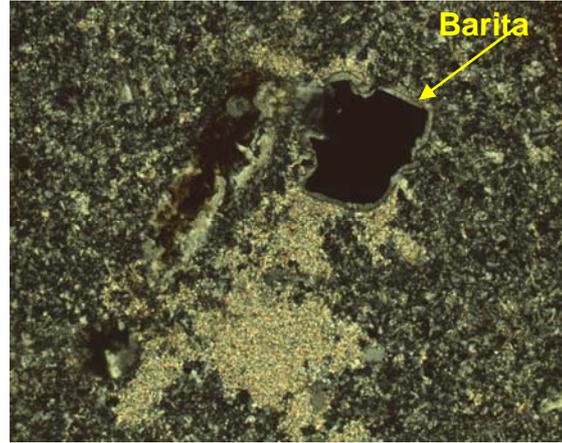
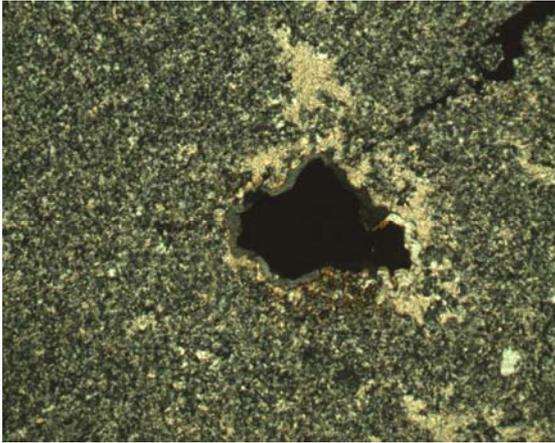


Foto 21 y 22. Muestra 36B. L.T. 50X. NX. Qz, sulfuros con corona de barita y alteración de pirofilita posteriores en roca volcánica totalmente silicificacada

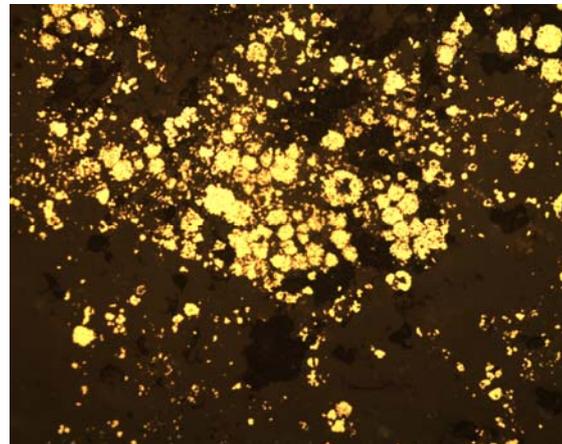
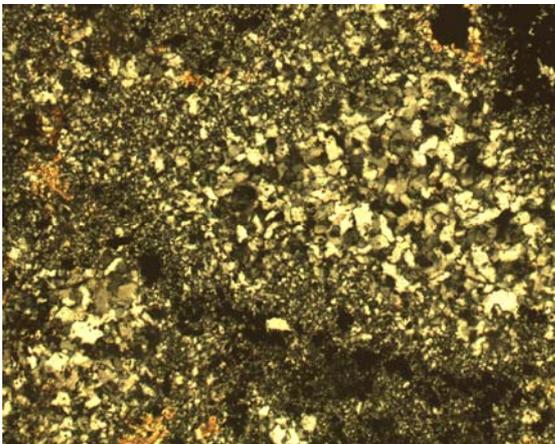


Foto 23. Muestra se sondeo. SC-12-33 m. L.T. 100X.NX. Vena con sulfuros y pirofilita en roca silicificada. Nueva silicificación con tamaño de grano más fino desde la vena.

Foto 24. Muestra SC-12-33 m. LR. 200X.NX. Pirita framboidal en fase de recrystalización.

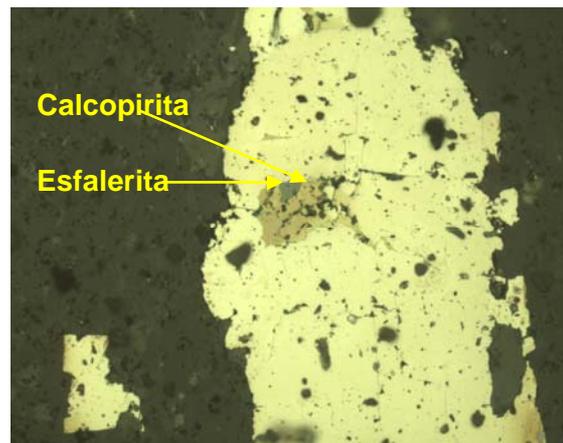
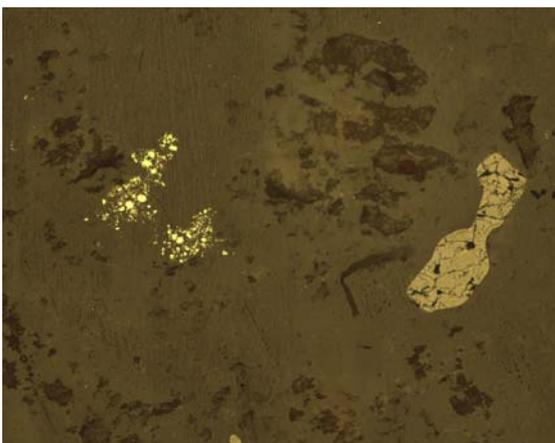


Foto 25. Muestra de sondeo SC-15-138 m.L.R. 100X.NX. Cristal de magnetita y magnetita siendo remplazada por pirita.

Foto 26. Muestra de sondeo SC-15-83. L.R. 100X. NX. Cristal de pirita con inclusiones de calcopirita y esfalerita.

Las **paragénesis minerales metálicas** son muy limitadas mineralógicamente, apareciendo a veces una mineralización esencialmente de cuarzo y pirita framboidal y otras una paragénesis algo más amplia (pirita, calcopirita, esfalerita y oro), ligadas a las fases más tardías de silicificación. La baritina es un mineral acompañante de la mineralización en sus facies más silíceas tardías, mostrando una clara asociación con la silicificación más fisural. La pirita framboidal de los estadios iniciales reemplaza a algunos cristales de magnetita primarios. El oro nativo no es frecuente, estando este metal asociado o incluido en los sulfuros. La pirita de las zonas más externas, de las zonas cloritizadas, no tiene Au.

Desde el punto de vista **geoquímico**, los análisis químicos multielementales realizados en este proyecto sobre 50 muestras de zonas mineralizadas, tanto superficiales como de los sondeos realizados en 1999 en el marco del Proyecto SYSMIN de Restauración, se pone de manifiesto la extrema variabilidad de la mayor parte de los elementos metálicos, salvo los de Ba, Cu, Pb y Zn que son generalmente altos y en forma relativamente uniforme. Otros elementos como Au, As, Mo, Hg, Sb, Se, aunque con contenidos muy altos en muestras concretas, presentan contrastes mucho mayores. Los elementos geoquímicamente indicadores son, además de Si, Ba y K, el As, Mo, Zn, Cu, Hg, Sb, Se y Pb. Una imagen geoquímica bastante precisa de las mineralizaciones puede derivarse de las prospecciones geoquímicas de suelos realizadas en el proyecto SYSMIN (1999). Se comentarán posteriormente.

Las mineralizaciones tienen un control netamente estructural. Están controladas por lineamientos, a escala regional de dirección N50-70°E aunque, a nivel individual y más en el detalle, hay controles en otras direcciones (N160^a-170° y N120°E). A partir de fracturas canalizadoras del sistema hidrotermal, que se marcan por la intensidad de la silicificación (zonas en alto) y stocworks de cuarzo-barita, toma el relevo la alteración argilítica y más externamente la clorita.

La evaluación de los prospectos realizada en el marco del citado Proyecto a partir de sondeos y calcatas, y el estudio de prefactibilidad efectuado en Candelones, basado en una explotación a cielo abierto hasta 100 m de profundidad, determina unas reservas (probables + posibles) de 2 Mt con 1,1 g Au/t en Candelones O y unas reservas geológicas inferidas de 3 Mt con 1 g Au/t en Candelones E, situación que no se acerca a la rentabilidad económica. En los prospectos de Montazo y Guano-Naranjo, con contenidos medios estimados en 0,5 g Au/t, no se hizo estudio de prefactibilidad.

El **prospecto de Candelones (nº7)** contiene tres estructuras silicificadas subverticales con potencias decamétricas en una anchura de 200 m, corrida de 600 m y orientación N120°-130°, en la zona Oeste. (Joubert, M. et al., 1999). En la zona E, hay un giro a N-S en la dirección de las estructuras. Hay cinco estructuras mineralizadas de potencias decamétricas, con anchura de 200 m y extensión de 200 m.

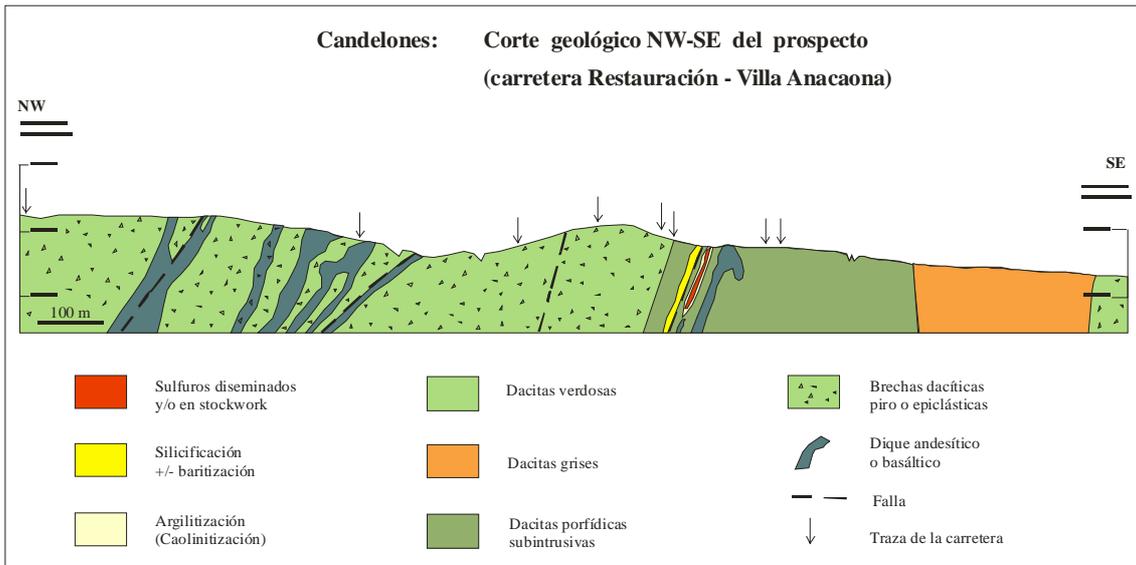


Figura 6. Corte geológico NO-SE de Candelones. (Joubert, M. et al., 1999)

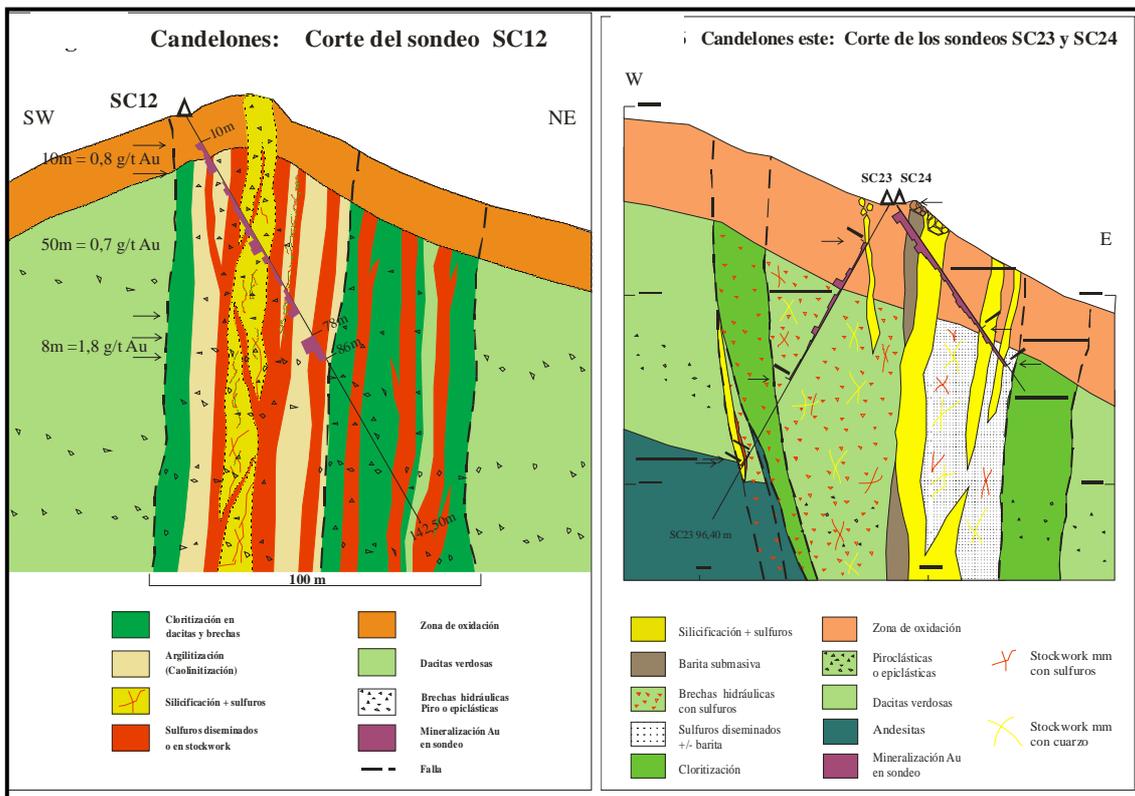


Figura 7. Cortes establecidos a partir de sondeos de las estructuras de Candelones E y O. (Joubert, M. et al., 1999)



Foto 27. Aspecto de una estructura silicificada N70° en Candelones E
Foto 28. Detalle de una pequeña estructura N55° en Candelones E



Foto 29. Detalle de otra pequeña estructura. Roca volcánica silicificada y muy argilitizada.

La figura 8 muestra los resultados de la prospección geoquímica realizada en el Proyecto SYSMIN en el área de Candelones. Refleja las direcciones de los ejes de mineralización. Puede apreciarse, asimismo, que las anomalías, aunque definidas, son muy débiles. Finalmente, la geoquímica de suelos (Fig. 9) marca tonalidades entre tipos de roca, alteraciones y ejes de mineralización, en función de las asociaciones o firmas geoquímicas de los distintos materiales y procesos.

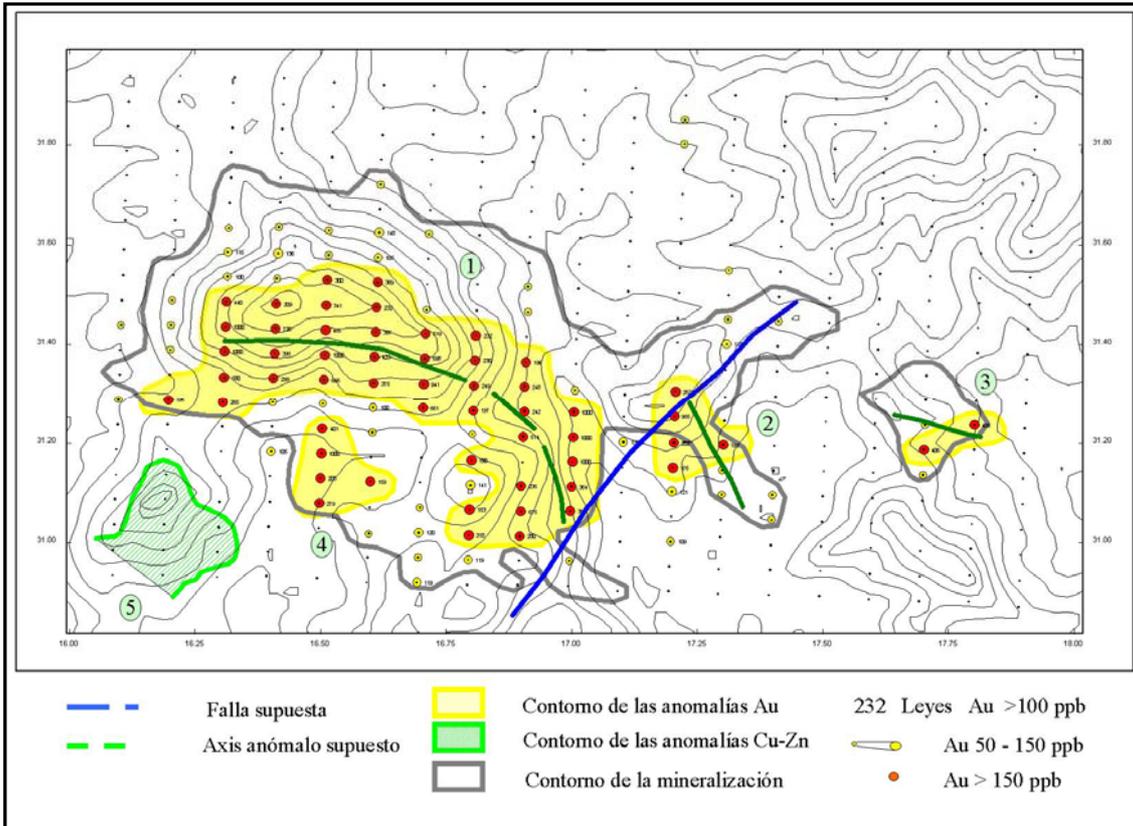


Figura 8. Mapa de síntesis de la geoquímica de suelos en Candelones (Joubert, M. et al, 1999)

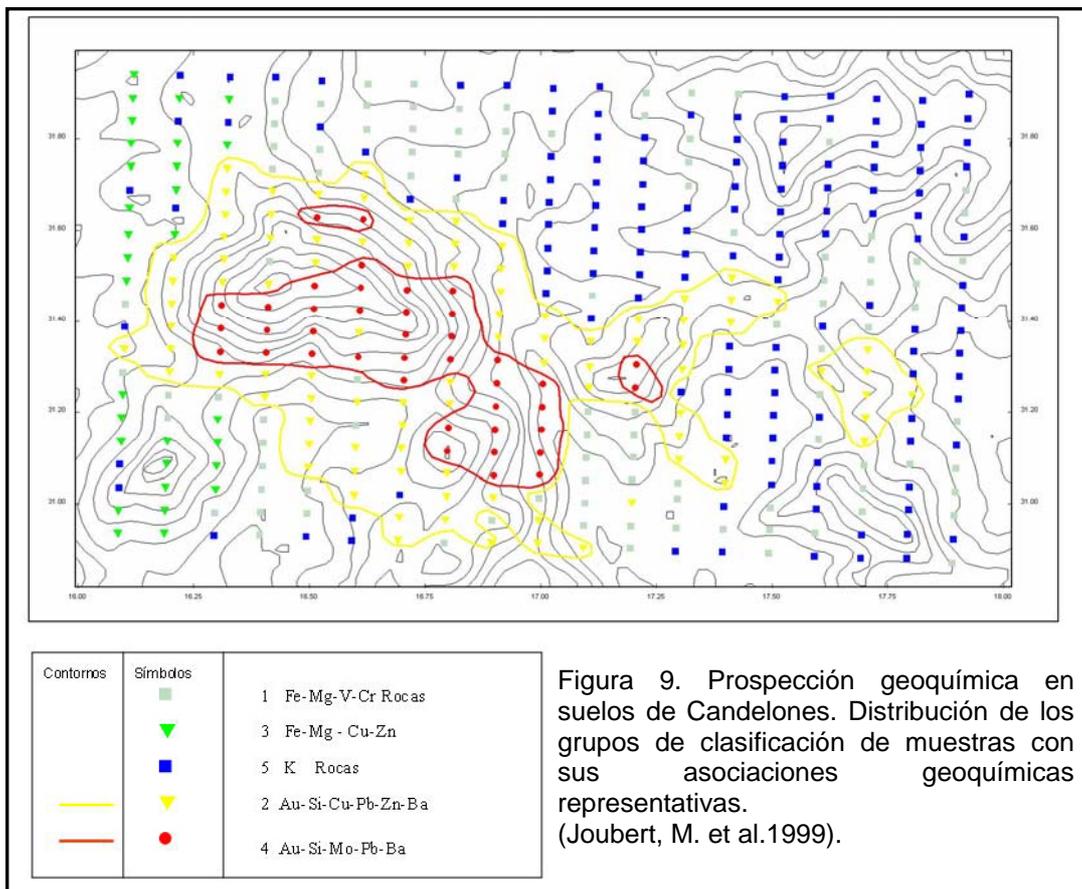


Figura 9. Prospección geoquímica en suelos de Candelones. Distribución de los grupos de clasificación de muestras con sus asociaciones geoquímicas representativas. (Joubert, M. et al. 1999).

El **prospecto de Montazo (indicio nº 9)** consiste en un grupo de estructuras silicificadas y baritizadas, muy discontinuas, cubriendo una zona de dirección SO-NE (N60°), con extensión en esa dirección de 300 m y anchura de 200 m. La baritización, tanto fisurada como diseminada, es importante. Las estructuras subverticales están encajadas en una extensa zona con alteraciones hidrotermales (stockwork de venillas mineralizadas, mineralización de sulfuros diseminados, silicificación, argilitización y cloritización). Son cortadas por diques de andesitas N-S y potencia m a dm.

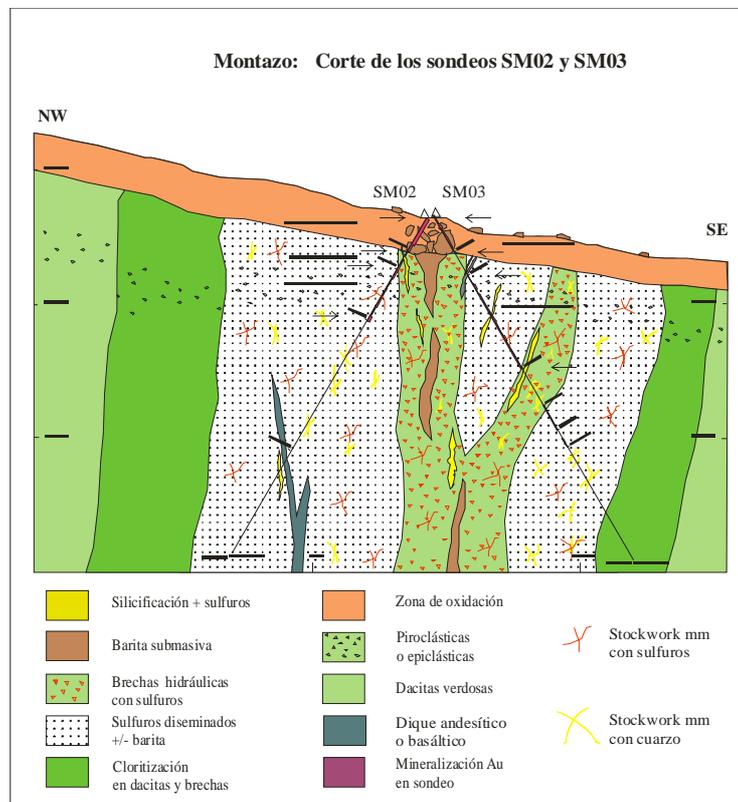
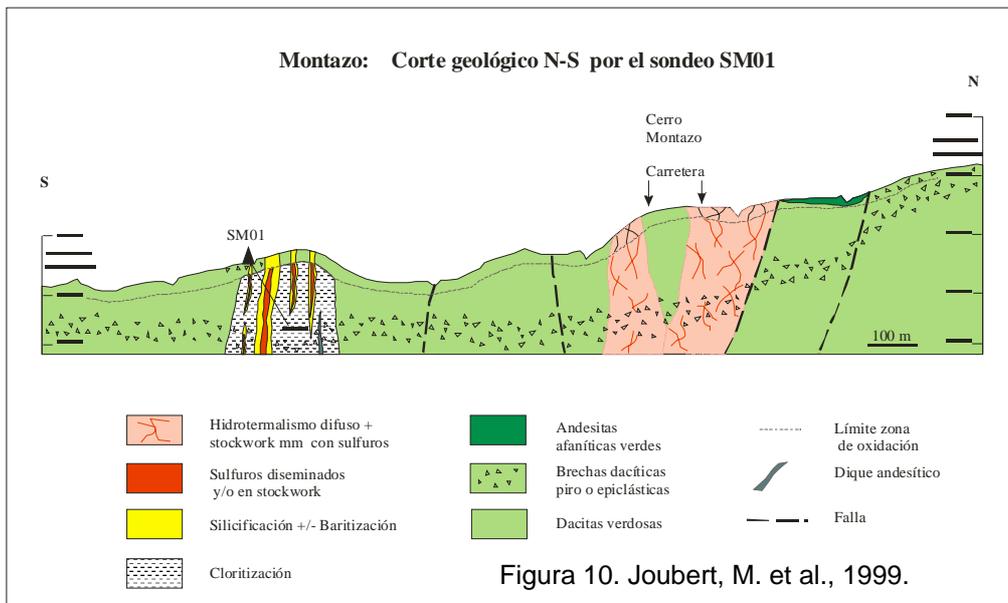




Foto 30. Afloramiento de rocas volcánicas ácidas silicificadas y con alteración argílica (Prospecto de Montazo).

Foto 31. Montazo. Estructura silicificada y muy argilitizada (N67°)



Foto 32. Montazo. Estructura salificada y argilitizada, con alma de cuarzo y sulfuros (óxidos). Orientación N 52°.

Foto 33. Montazo. Estructura mineralizada con varias venas subparalelas de cuarzo y sulfuros oxidados. N65°.

La distribución de anomalías y asociaciones geoquímicas deducida de la geoquímica de suelos realizada en Montazo (Fig. 12) muestra el menor contraste y desarrollo de las anomalías y la discontinuidad de las estructuras. Define también una tonalidad en ellas que guarda cierta relación con los rasgos ya mencionados, aún cuando están peor definidas que en Candelones.

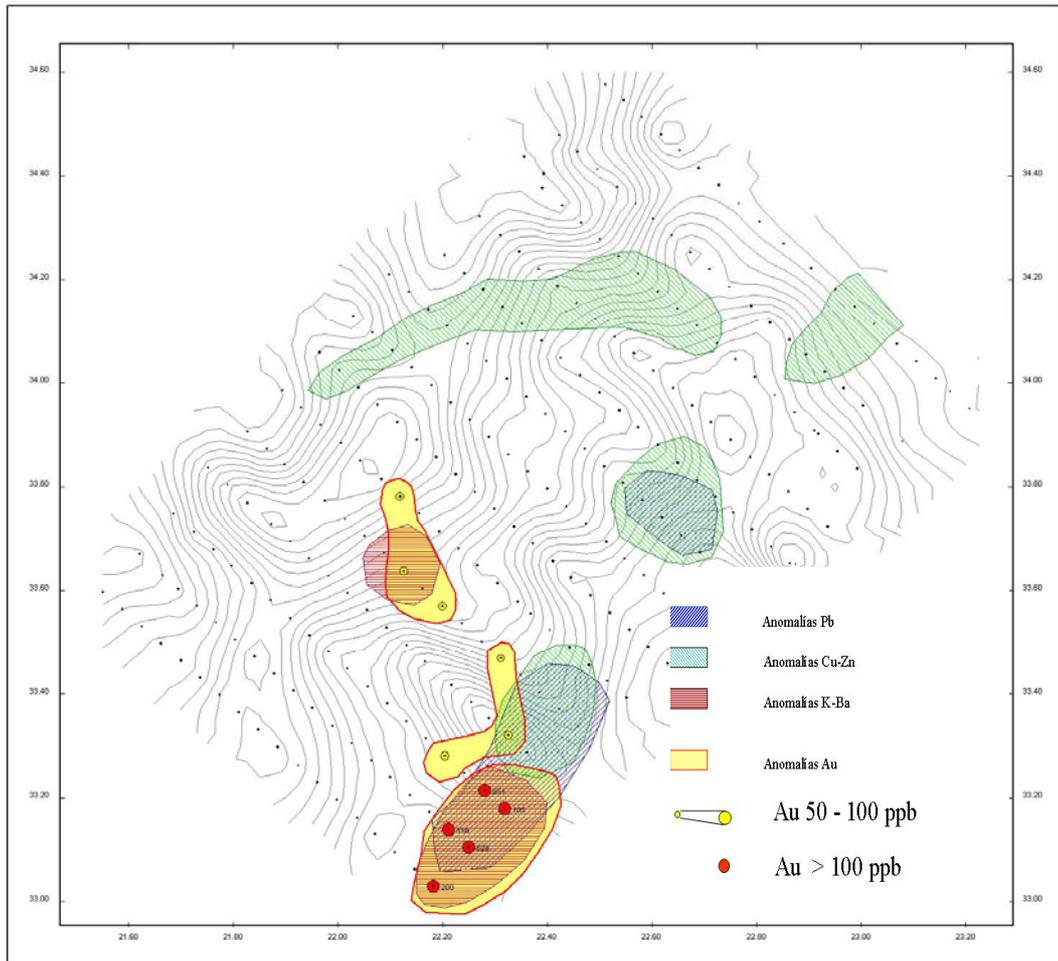


Figura 12. Montazo. Distribución de anomalías de la prospección geoquímica de suelos en la zona de Montazo.

En el **prospecto de Guano-Naranjo** (indicio nº 10), el eje estructural que controla el proceso de alteración hidrotermal tiene dirección N65° y está claramente definido y reconocible el lineamiento correspondiente en la imagen de satélite. A diferencia de los anteriores, no contiene estructuras silicificadas y mineralizadas importantes, pero sí grandes alteraciones pervasivas o difusas (silicificaciones) en las piroclastitas dacíticas que constituyen en gran parte el alto de Guano y que, hacia el E, pasan a materiales riodacíticos más lávicos, que están más silicificados y baritizados y de forma más estructurada. Las estructuras presentes en la zona alterada difusa son de dimensiones métricas a decamétricas. La zona definida por esta alteración difusa tiene la dirección antes mencionada, y una elongación de 800 m según ella por 50-100 m de anchura.

A la escala del prospecto, la estructura mineralizada más importante se extiende a lo largo de 1 km con dirección N150° y 50 a 300m de anchura, con lentes silicificados de 50-100 m y anchuras métricas. El hidrotermalismo (caolinización intensa, cloritización, silicificación relacionada con el stockwork con sulfuros o sulfuros diseminados) se ha desarrollado en las tobas encajantes a partir de una fractura principal subrayada por la

silicificación. El re juego en cizalla de la fractura N150° generadora de esta estructura ha deformado el stokwork de qz-pirita.l

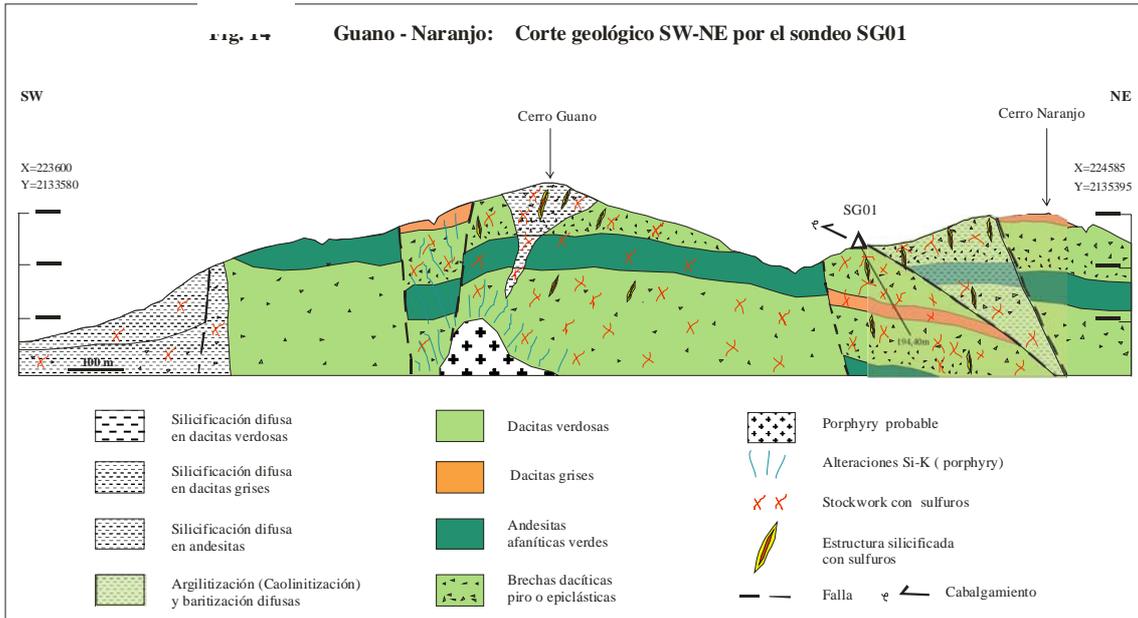


Figura 13. Corte geológico en el prospecto Guano-Naranjo (Joubert, M. et al. 1999)

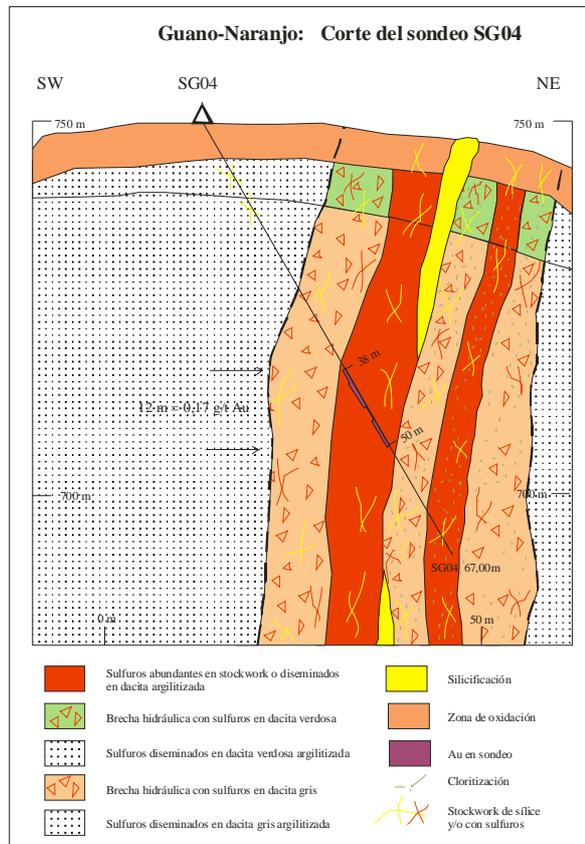


Figura 14. Sección del prospecto Guano-Naranjo a partir del sondeo SG-04. (Joubert, M. et al. 1999)

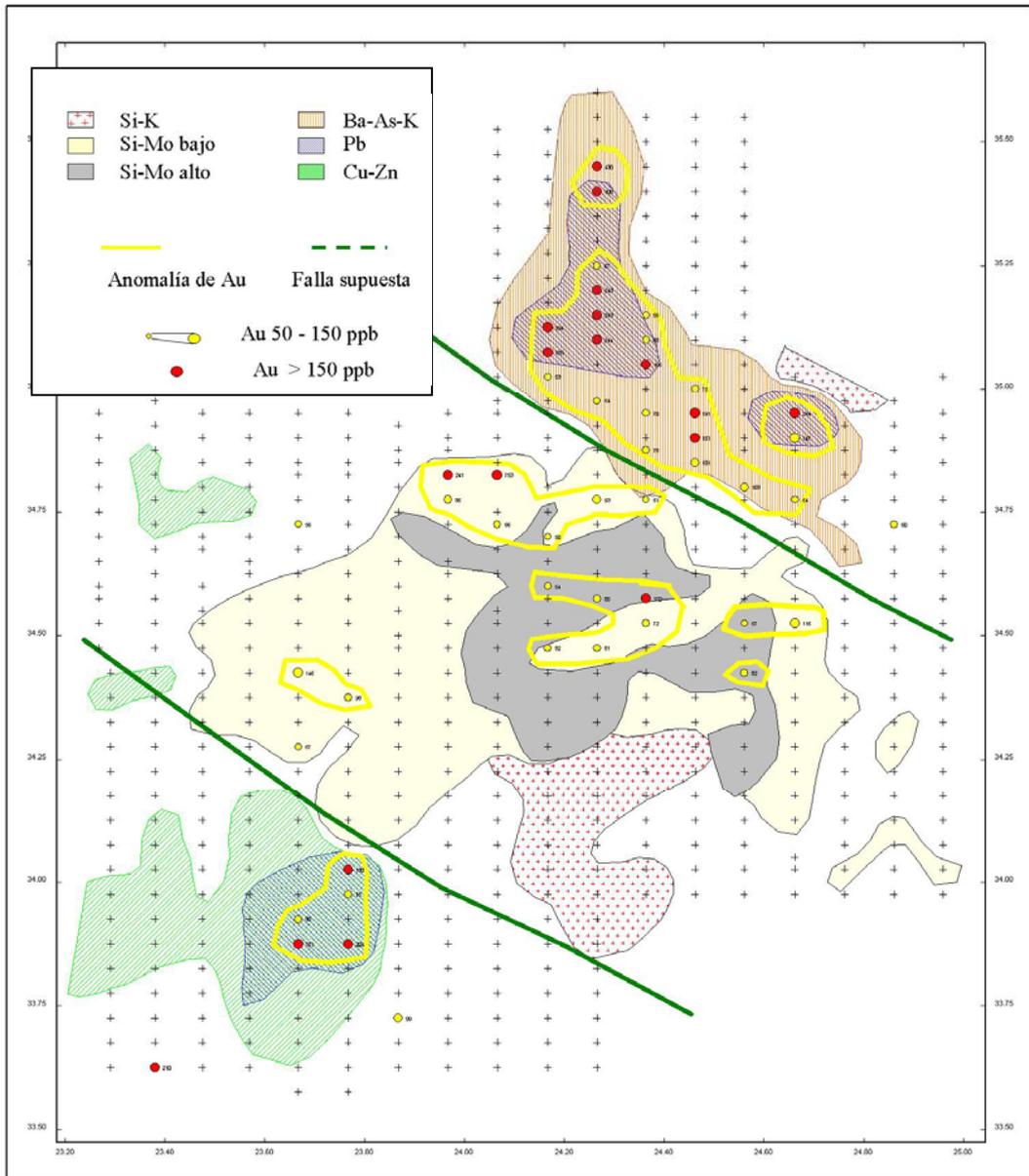


Figura 15. Distribución de anomalías y tonalidades de elementos químicos en el prospecto de Guano Naranjo como resultado de la prospección geoquímica de suelos. (Joubert et al. 1999)

En la figura 15 puede verse la influencia en la geoquímica de las mineralizaciones del proceso mineralizados a favor de la estructura N140°, con una signatura de Mo. Existe una clara ruptura en el centro de la zona coincidente con la estructura mencionada. El Ba, el Pb y el As son evidentes en el extremo NE y Cu-Zn en el SO. Asimismo se comprueba que los contrastes de anomalías de Au son del mismo orden de los otros prospectos, esto es relativamente moderados. Las anomalías corresponden a contenidos no excesivamente altos en Au (100-150 ppb) y en los otros elementos. Puede hablarse de anomalías claras pero que pueden ser bastante sutiles. Reflejan bien la zonación geoquímica primaria y diferencian bien los tipos de asociación

paragenética. No se conoce la respuesta de otros elementos como Se, Te o Hg que no han sido analizados.

Los bajos contenidos en suelos pueden estar en relación los bajos contenidos de metálicos en la propia mineralización. Los análisis multielementales, realizados en este mismo proyecto sobre 16 muestras tomadas de tramos de estructuras mineralizadas en testigos de sondeos de la campaña de 1999 señalan valores máximos de hasta 620 ppm de Ba, 12,2 ppm de Cd, 32 ppm de Ag, 146 ppm de Pb, 1976 ppm de Zn, 12 ppm de Bi, 2, 4 ppm de Au, 75 ppm de As, 6,7 ppm de Sb, 60 ppm de Se, 61 ppm de Mo, 869 ppb de Hg y 12% de Cu (aunque los restantes valores de este elemento están en el orden de centenas de ppm). Prescindiendo del valor de 12% de Cu, que constituye una excepción, los restantes contenidos de metales acompañantes del Au son considerados como muy moderados, llamando la atención por este hecho As y Pb.

Para el conjunto de estas mineralizaciones, que responden a un mismo proceso mineralizador, puede concluirse en la existencia de una serie de rasgos principales. El control estructural es evidente e importante para la implantación de los sistemas hidrotermales asociados. En este sentido tiene especial importancia un lineamiento de dirección N50-70° según el cual se organizan los núcleos de mineralización. También ejercen un control lineamientos de dirección N140° y NS, según los cuales se disponen algunas estructuras mineralizadas dentro de la banda NE-SO. Estructuras N140° cortan a estructuras anteriores N50°-70°, indicando procesos polifásicos de mineralización en relación con reactivaciones de estructuras tectónicas.

Los procesos de alteración hidrotermal acompañantes y precursores de mineralización tienen un gran desarrollo espacial y son, asimismo plurifásicos. Las alteraciones iniciales corresponden a una cloritización pervasiva de las rocas lávicas y piroclásticas de carácter dacítico. Tiene lugar después y a favor de fracturas alimentadoras, una silicificación difusa de menor desarrollo espacial, que borra o enmascara en las zonas más próximas a los ejes hidrotermales a la cloritización. Esta silicificación difusa es acompañada por algo de sericita y por pirita diseminada framboidal (con calcopirita, pirrotina, esfalerita muy accesorias). Una fase posterior de hidrotermalismo y mineralización está más centrada en las estructuras de alimentación, y tiene una implantación más fisural, como relleno de fracturas principales y desarrollo de pequeñas bandas de stockwork de venillas en una envolvente relativamente reducida. También hay alteración y mineralización diseminada en el seno de las zonas de stockwork. Esta segunda fase de alteración y de mineralización se caracteriza por silicificación esencialmente fisural, argilización consistente en pirofilitización y caolinización pervasivas y baritización fisural y difusa, acompañados por mineralización de pirita-calcopirita-esfalerita-galena fisural y difusa de escaso alcance. Esta es la que contiene oro, como mineral libre o en los sulfuros.

Otros indicios epitermales de oro en la Fm. Tiro, relacionados con la estructura de Candelones-Guano-Naranjo

Otros indicios asociados o marginales la estructura anteriormente citada, y con rasgos comunes con aquellos, son los nº 8 y 11 (Fig. 4).

El indicio nº 8 es una estructura mineralizada que se pone de manifiesto en el frente N de una pequeña cantera en dacitas junto a la carretera. Se trata de una estructura de 6-7 m de potencia, en cuyo centro hay un núcleo métrico (3-4 m) de sílice de color azulado con fuerte diseminación de sulfuros (esencialmente pirita). En los bordes de la estructura existen dos bandas irregulares, de decimétricas a métricas de minerales arcillosos y óxidos de Fe. Se pasa después, por contacto bastante neto, a la roca dacítica, con fenocristales milimétricos (dacita porfídica) que, en los primeros metros muestra una alteración hidrotermal clorítica. La dirección y buzamiento de la estructura son N 80°/65°N.



Foto 34. Vista de la estructura del indicio nº 8, en el frente N de una cantera de dacitas porfídicas.

Foto 35. Roca dacítica encajante con fracturas paralelas a las que albergan a la mineralización.



Foto 36. Vista de la estructura mineralizada con el núcleo silíceo.

Foto 37. Borde neto de la estructura. Contacto de zona argilitizada con dacita



Foto 38. Indicio 8. Detalle de cuarzo gris azulado con sulfuros del núcleo de la estructura.

Los análisis químicos multielementales efectuados sobre un 10 kg de fragmentos de muestras de la estructura tomadas en roza muestra concentraciones muy bajas, aunque sí anómalas en los elementos principales de mineralización (860 ppm de Ba, 102 ppb de Au, 42 ppm de Cu) y normales o muy bajas en Zn (13 ppm).

Existen, en el entorno de la carretera de Restauración, y algo más al S de los mencionados algunos puntos en los que se observan muy pequeñas estructuras silicificadas o alteraciones difusas marcadas por argilitizaciones y óxidos de Fe.

Una de ellas corresponde al **indicio nº 11**, en el que se observa silicificación y argilitización, así como feruginización por alteración de sulfuros. Aún sin expresión de una estructura neta e importante, si que evidencia alteración hidrotermal clara. Está situado a muy escasa distancia de la estructura que separa al dominio de la C.C del Cinturón de Peralta (Fm. Trois-Rivières-Peralta).



Fotos 39 y 40. Indicio nº 11. Dos perspectivas de afloramiento de dacitas de la Fm. Tiro, con alteración hidrotermal. Posibles estructuras dcm a m con óxidos de Fe y argilitización. Dirección de la estructura. N88° y buzamiento al N.

Otros indicios epitermales de oro en rocas epiclásticas y piroclásticas básicas de la Fm. Tireo, en otros sectores del cuadrante.

En este grupo se encuadran los indicios 4, 5 y 6, que aunque estando encajados en diferentes unidades de la Fm. Tireo de naturaleza intermedia a básica (el 4 en la unidad de tobas andesíticas, el 5 en la unidad de tobas cristalinas y el 7 en una unidad de rocas epiclásticas básicas). Tienen sin embargo en común, pese a estar bastante distantes entre sí, el estar situados en la prolongación hacia el NE del lineamiento N70° de Candelones-Guano-Naranjo.

Corresponden a alteraciones hidrotermales (silicificación, epidotización) difusas, salvo en el indicio nº 5, en el que se encuentra un stockwork de venillas de cuarzo en la roca piroclástica básica. Entre las venillas la roca piroclástica básica está silicificada y muestra coloraciones verde en tonos claros. Se manifiestan venas de mayor entidad (hasta decimétricas) de dirección N75°/80°S, aunque las venas más pequeñas componen un entramado irregular y complejo en varias direcciones. Entre estas predominan las de dirección N70-80°. Se ven algunas escarbaduras que parecen indicar antiguas labores, probablemente de investigación.



Fotos 42 a 45. Afloramiento de piroclásticos básicos de la Fm. Tireo y varios aspectos de las rocas atravesadas por un stockwork con venillas de cuarzo, calcita y epidota.

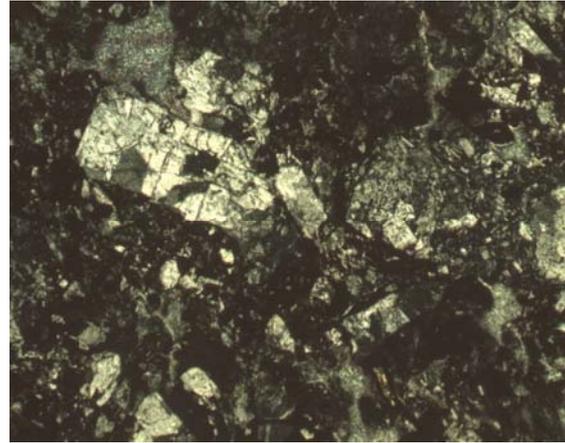
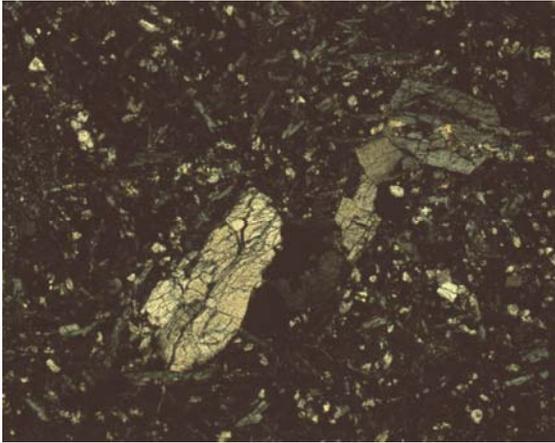


Foto 46. Visión microscópica de roca piroclástica básica de la Fm. Tiroo. L.T. 50X.NX. Fragmentos cristalinos (de fenocristales de piroxeno) en matriz más fina (vidrio y óxidos de Fe-Mn, minerales clorítico-arcillosos).

Foto 47. L.T. 100X. NX. Fragmentos cristalinos (plagioclasa y piroxeno) y líticos (roca volcánica) en matriz fina silicificada.

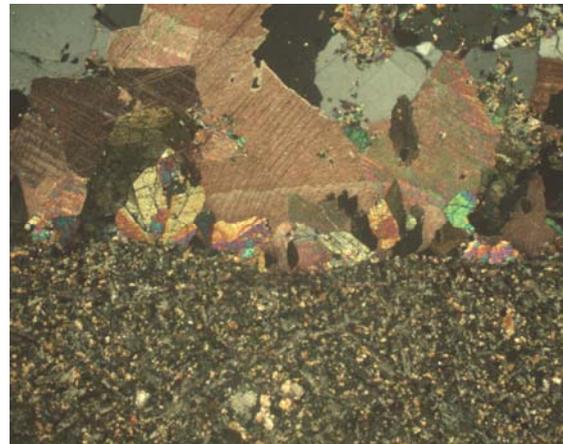


Foto 48. L.T. 50X. NX. Vena de cuarzo y epidota relleno de fractura extensional en roca piroclástica básica.

Foto 49. L.T. 50X. NX. Vena de cuarzo y calcita en roca piroclástica mostrando alteración hidrotermal. Desarrollo de prismas de clinozoisita en vordes de la vena. Matriz volcánica con silicificación y epidotización.

Los estudios microscópicos realizados sobre muestras de las venas y los encajantes no han reconocido apenas minerales metálicos (algunos cristales de pirita) que no fueran los primarios de la roca (Magnetita, ilmenita, rutilo). Los análisis químicos multielementales realizados sobre varias muestras de las venas confirman valores muy bajos en la totalidad de los elementos metálicos. Sin embargo, se incluye como indicio en el mapa por lo específico de su situación geológico y por el hecho de que las muestras analizadas no son suficientes para caracterizar de forma precisa a mineralizaciones tan erráticas.

Coincidiendo con la cantera nº 13 del Mapa de Recursos Minerales (Bas) existe un indicio similar a los anteriores. Esta situado en la unidad de rocas piroclásticas básica e intermedias de la Fm. Tiroo.

En el afloramiento de la trinchera de la carretera aparecen varias fallas con N140° que han actuado como desgarres. Se encuentran, dentro de las rocas básicas, fragmentos métricos de pizarras moradas (cineritas) emplazada tectónicamente. En relación con esas fracturas se ven varias venas irregulares de cuarzo que producen en sus encajantes coloraciones de color verde pálido y silicificación. Se observan así mismo, oxidaciones puntuales. En un entorno reducido alrededor de las zonas más tectonizadas han tenido lugar procesos de alteración hidrotermal que afectan al macizo rocoso.



Foto 50. Venas de cuarzo asociadas a desgarres NO-SE, encajando en cineritas violáceas.



Foto 51. Zona ligeramente oxidada de la cantera con venas de cuarzo subverticales.

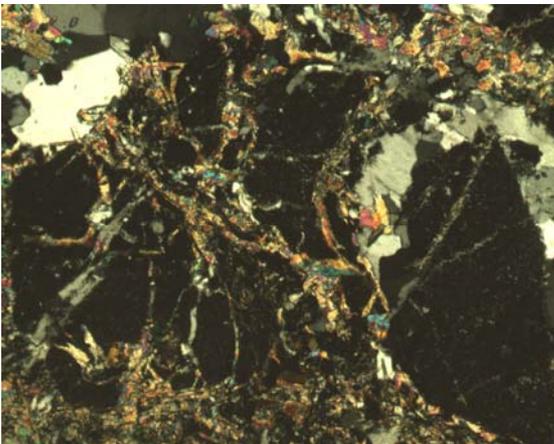


Foto 52. L.T.50X. NX, Brecha hidrotermal con rellenos de cuarzo y epidota. Epidotización de la roca básica encajante.

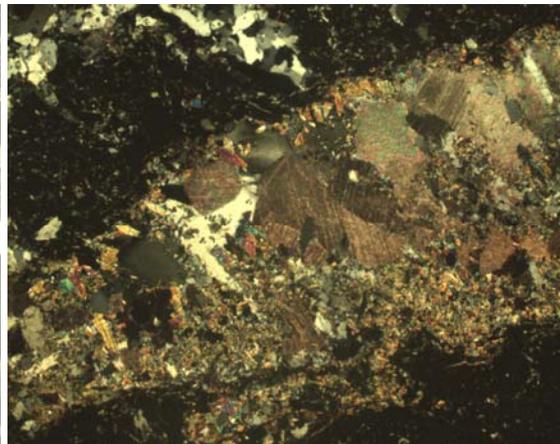


Foto 53. L.T. 100X. NX. Vena con relleno de calcita y cuarzo, con epidota en los bordes.

Hay una piritización incipiente de las rocas básicas en el entorno de algunas de las venas, que se manifiesta en oxidaciones muy locales. El análisis multielemental de muestras de las venas muestra un contenido en Au que, sin ser elvado es ligeramente anómalo (25 ppb).

Mineralizaciones epitermales de Au en rocas volcánicas ácidas de la Fm. Tiroo en el entorno de la Falla de San José-Restauración.

En la zona S del cuadrante de Restauración y en relación con la estructura de desgarre NO-SE que separa a la Fm. Tiroo y a la Fm. Trois Rivières, aparecen indicios significativos de Au a ambos lados de dicha estructura. Consideramos aquí a aquellos que encajan en la Fm. Tiroo, en materiales volcánicos ácidos, riolitas y riodacitas (Indicios 13, 14 y 15). Figura 16.

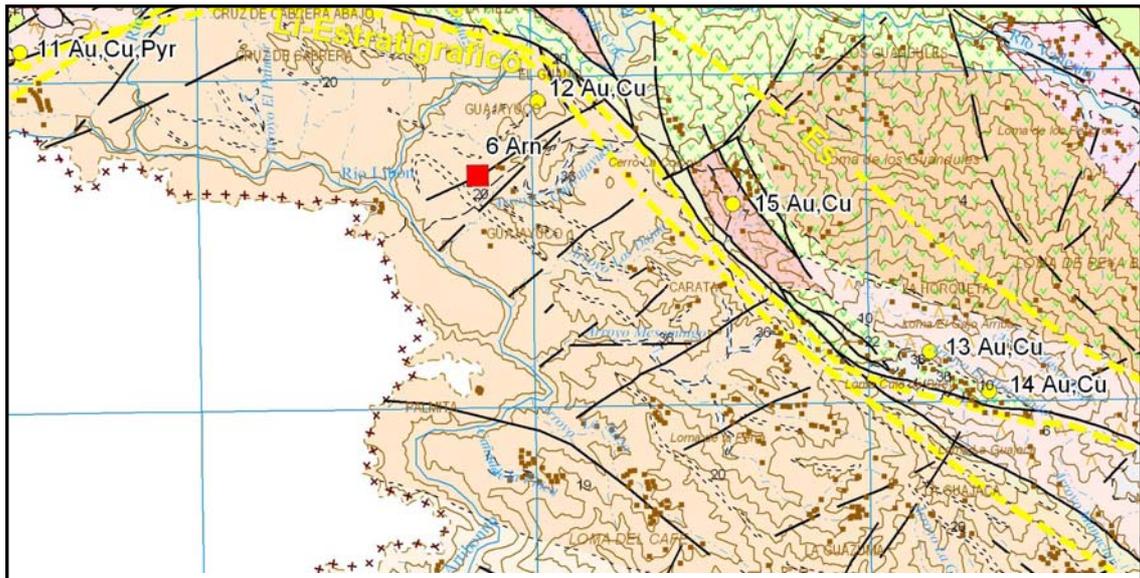


Figura 16. Ampliación del Mapa de Recursos Minerales del cuadrante de Restauración en el área de la falla de que pone en contacto a la Fm. Trois Rivières y a la Fm. Tiroo.

Estos indicios (13, 15) consisten en afloramientos de pequeñas dimensiones (50 o 100 m como máximo), puestos de manifiesto por la construcción de la pista de Los Algodones a Rosso. El indicio 13 muestra en una superficie de al menos 50 por 125, con elongación en dirección NO-SE, a una riolita o riodacita deformada, fuertemente silicificada y caolinizada, con abundantes óxidos de hierro.

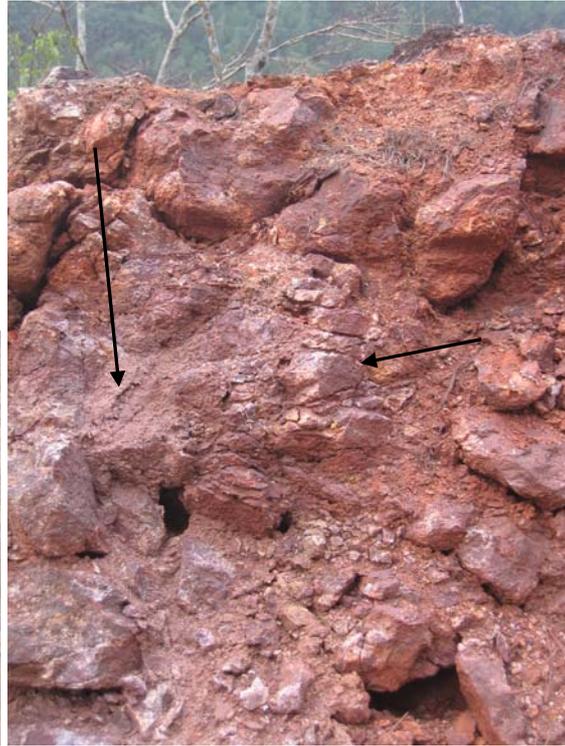
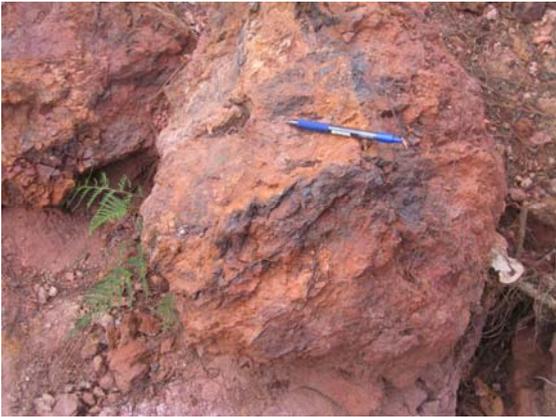


Foto 54. Vista general del afloramiento de riodacitas con alteración hidrotermal junto a la pista. Alineación zonas más silíceas N140°.

Foto 55. Aspecto de un posible núcleo silicificado y caolinizado dentro de la estructura Dirección N145°.

Foto 56. (Inferior). Roca volcánica muy silicificada y ferruginizada. Parecen adivinarse venillas o microestructuras (stockwork) de direcciones N138° y N 72°. Indicio 13.

Foto 57. (Dcha). Parte del afloramiento silicificado y caolinizado mostrando microestructuras o venas N 70°, transversales a elongación general



Aunque las posibilidades de observación son muy limitadas, parece corresponder a una estructura mineralizada de anchura métrica a decamétrica de dirección N135°. Dentro del afloramiento silicificado, con resaltes silíceos en la dirección anterior, se encuentran venillas de sílice y sulfuros oxidados en dirección transversa N65-70°. Parecen venillas centimétricas que, en parte, están controladas por fracturas en esa dirección conjugada.

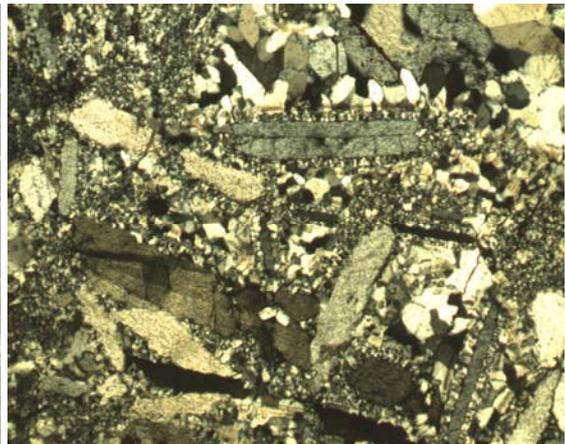
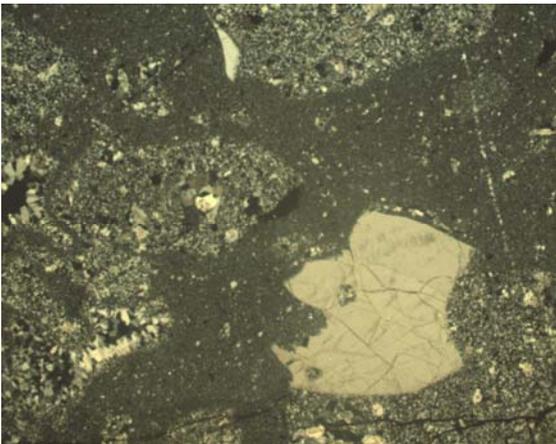


Foto 58. Muestra indicio 13. L.T. 25X. N.X. Estructura brechoide. Fragmentos silicificados, alguno con fenocristales de cuarzo, englobados en masa silícea de grano mucho más fino.

Foto 59. Indicio 13. L.T. 100X. N.X. Cuarzo de varias generaciones y barita. Venas de cuarzo con barita rotas y cementadas por cuarzo posterior.

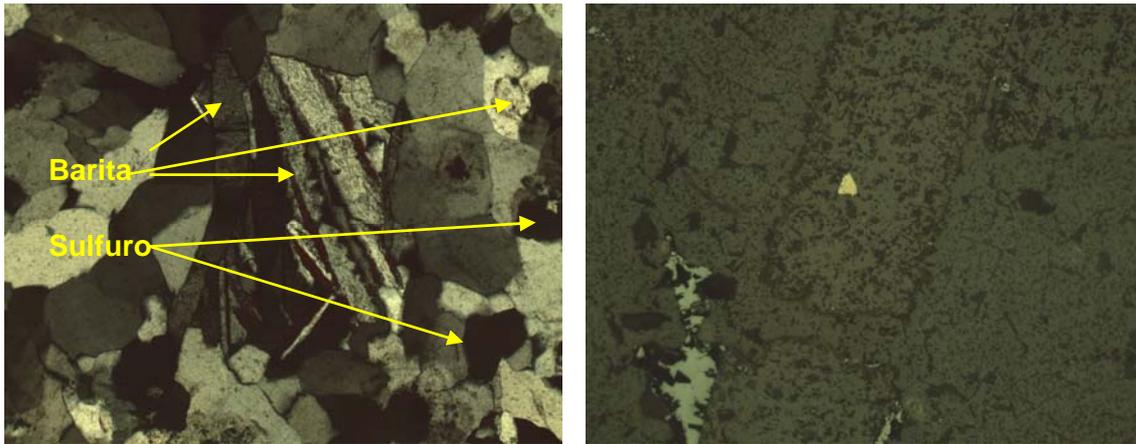


Foto 60. Indicio 13. LT. 50X. N.X. Cristales de barita y sulfuros en cuarzo limpio hidrotermal tardío.

Foto 61. LR. 100X. N//. Cristal de calcopirita incluido en cristal idiomorfo de barita. Vena con óxidos de hierro (lepidocrocita)

La roca tiene una fuerte microfracturación que le confiere una estructura microrchoide. La silicificación muy intensa es polifásica, apareciendo los sulfuros (muy escasos) y la barita asociada a las fases tardías.

El análisis multielemental de un conjunto de fragmentos de roca silicificada y caolinizada muestra una signatura análoga a la de muestras de Candelones, con valores ligeramente anómalos.: 87% de SiO₂, 452 ppm de Ba, 40 ppm de Cu, 108 ppm de As, 8,6 ppm de Sb, 10 ppb de Au.

El indicio nº 15 presenta dificultades de observación. Se observa una amplia zona (dimensiones hectométricas) junto a la pista en la que las rocas volcánicas ácidas están intensamente silicificadas, argilitizadas en zonas y con frecuentes acumulaciones de óxidos de Fe, sin que puedan verse claramente rasgos de estructura.



Foto 62. Indicio nº 15. Bloques de roca volcánica silicificafa y ferruginizada en zona cubierta por vegetación junto a la pista.

Foto 63. Indicio nº 15. Detalle de un bloque suelto de roca ácida muy silicificada y ferruginizada.

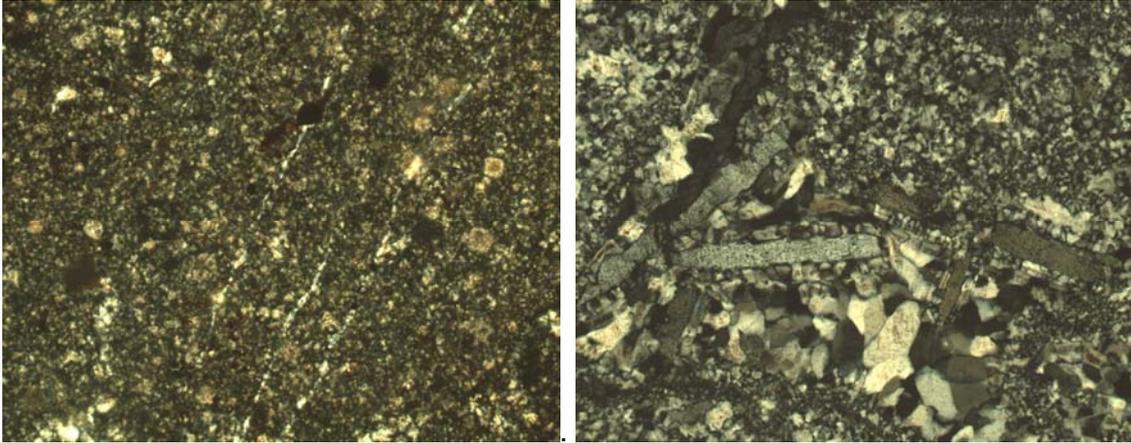


Foto 64. L.T. 25X.NX. Estructura de grano fino silicificada. Venillas de cuarzo y venas con granos de sulfuros. Pequeños granos redondeados pseudomorfizados por sericita (plagioclasa?)

Foto 65. L.T. 100X. NX. Roca silicificada, de grano fino, con venas de cuarzo y silicificación posterior de grano superior, con barita.

El estudio microscópico muestra silicificaciones polifásicas y una ligera sericitización. Hay barita bastante abundante asociada a la silicificación fisural.

El análisis químico multielemental de una muestra compuesta formada por varos fragmentos de roca silicificada y ferruginizada muestra contenidos claramente anómalos correspondientes, por su asociación y sus valores a una mineralización de tipo epitermal : 561 ppb de Au, 8 ppm de Se, 7,5 ppm de Sb, 165 ppm de As, 476 ppm de Pb, 793 ppm de Cu, 7.656 ppm de Ba, 0,9 ppm de Ag..

El indicio 14 es un afloramiento de una brecha hidrotermal con silicificación y caolinización avanzadas, y con abundantes concentraciones locales de óxidos de Fe (estructuras?) y boxworks de sulfuros. Muy similar a los descritos anteriormente.

3.1.1.2.- Mineralizaciones epitermales de Au en la Fm. Trois Rivières-Peralta.

La Fm. Trois Rivières-Peralta está formada, en la zona, por areniscas y calcarenitas

El indicio nº 14 corresponde a una estructura de anchura métrica (1,5-2m), con dirección N132° y subvertical, con núcleo silicificado y argilitizado. La roca encajante está muy brechificada, rellenándose las fisuras por sílice, arcillas y óxidos de hierro. El conjunto muestra una amplia ferruginización. Se observan boxworks de sulfuros dispersos en las facies más silicificadas y oxidadas. Es muy similar, independientemente de la roca que la alberga a otras ya descritas. La diferente naturaleza de la roca soporte se manifiesta en el hecho de que los contrastes entre mineralización y roca encajante son más netas.

3.1.2.- Mineralizaciones de Cu

Se han reflejado, en el Mapa de Recursos minerales, dos indicios o manifestaciones de concentraciones de Cu muy diferentes, una en tobas básicas e intermedias de la Fm. Tiroe, y otra en la unidad de rocas epiclásticas de la Fm. Tiroe.

3.1.2.1.- Mineralizaciones de Cu en rocas piroclásticas básicas de la Fm. Tiroe

Se introduce este indicio a título puramente testimonial, pues se trata de unas pátinas de azurita y malaquita, que también aparecen en alguna microfracturas. Estos minerales secundarios de Cu son muy escasos y difíciles de ver. Este indicio de mineralización es muy análoga a otra existente en los basaltos de la Fm. Magua en el cuadrante de Dajabón (indicio nº 4 de cuadrante 5874), aunque en ésta, teniendo un estilo de presentación muy similar, presenta una mayor abundancia de minerales supergénicos de Cu.

3.1.2.2.- Mineralizaciones de Cu en zonas de cizalla y en rocas volcánicas básicas.

Están representadas por el indicio nº 3, que contiene una mineralización muy similar a la existente en el cuadrante de Dajabón (indicio nº 13, en el paraje de La Paloma).

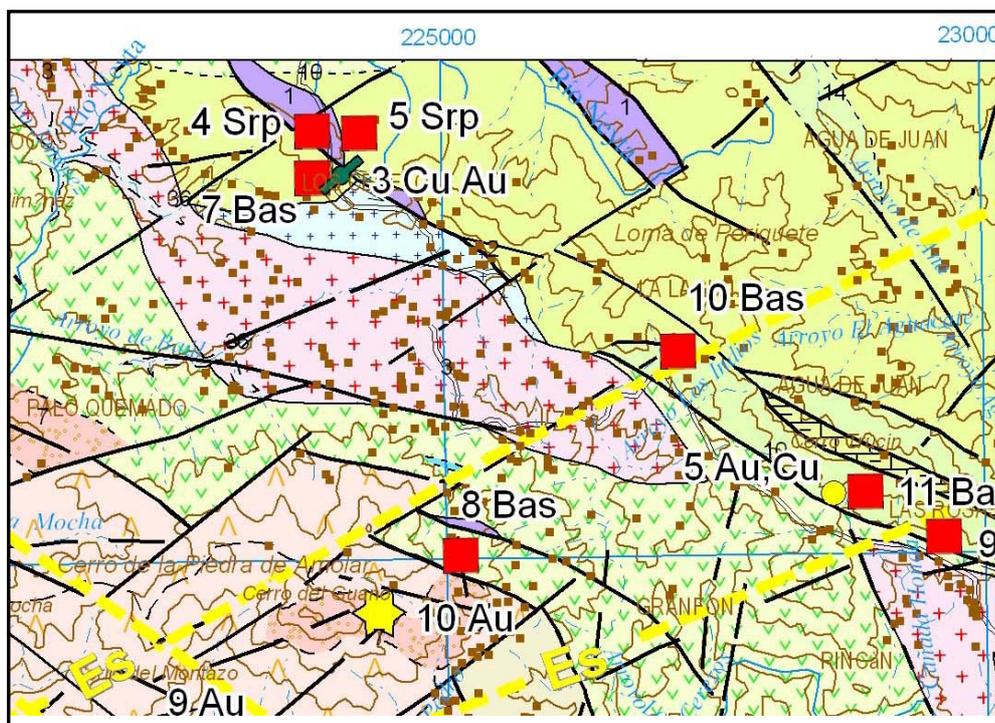


Figura 17. Ampliación del Mapa de Recursos Minerales del cuadrante de Restauración en el entorno del indicio de Cu nº 3.

Encaja en la unidad de rocas epiclásticas básicas de la Fm. Tiro y está situada muy próxima a la traza de una importante estructura de desgarre de importancia regional y de orientación N135°, y en proximidad a otra estructura de desgarre de la familia N60°.

La mineralización filoniana está muy desmembrada por movimientos de cizalla según la dirección N60°. Los fragmentos sigmoidales o peces del filón mineralizado están ubicados, a veces en forma escalonada, en una banda estrecha (3-4 m) y en una extensión de unos 100 m en la dirección N50-60°. Los cuerpos de mineral, de anchura centimétrica y longitudes máximas decimétricas, tienen orientación N50-60° o N100°, pudiendo corresponder estas últimas a cizallas secundarias de la principal (Riedel).



Foto 66. Indicio nº 3. Fractura N60° y venas desmembradas e irregulares.

Foto 67. Fractura N60° sigmoides de las venas mineralizadas en dirección N95°-100°



Foto 68. Indicio nº 3. Sigmoides de vena mineralizada en dirección de la cizalla principal, N50-60°.

Foto 70. Indicio nº 3. Bloque con filón mineralizado de 6 cm de potencia. Filón extensional.

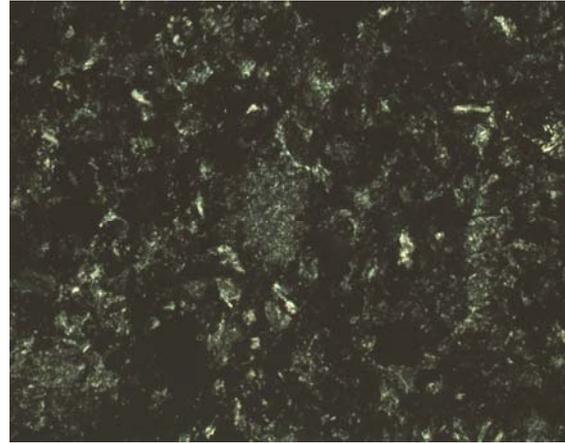
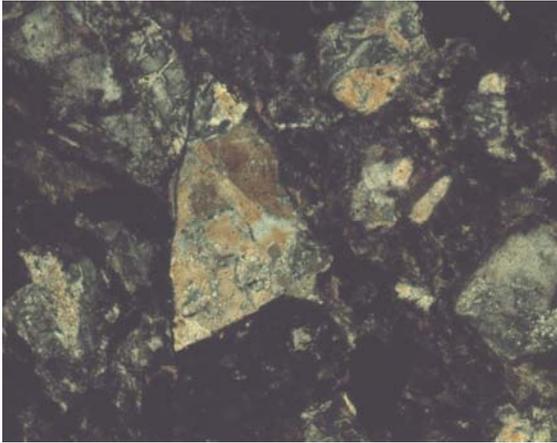


Foto 71. Indicio 12. L.T. 35X. NX. Aspecto de la roca encajante. Fragmentos angulosos de plagioclasa en una pasta cinerítica y vítrea desvitrificada a minerales clorítico-arcillosos.
Foto 72. L.T. 50X.NX. Fragmentos líticos de roca volcánica en pasta clorítico-arcillosa

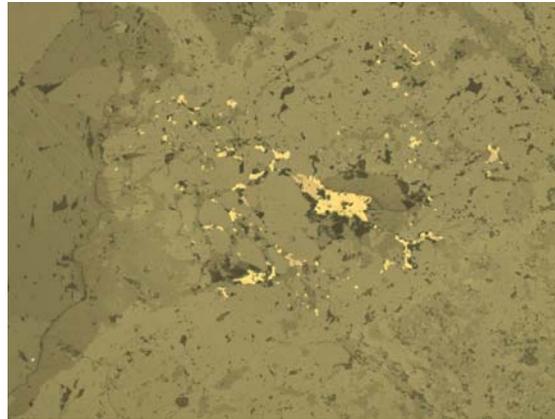
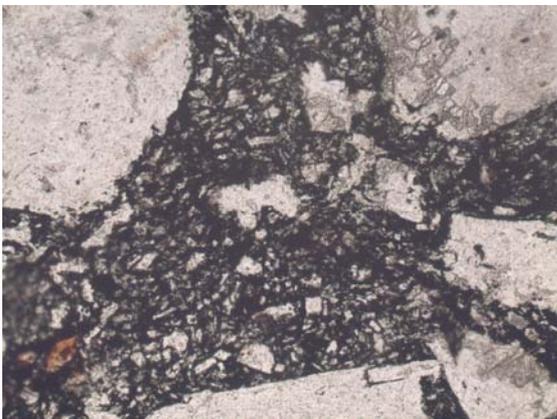


Foto 73. L.T. 50X. N//. Fragmentos de plagioclasa cálcica y de roca volcánica en matriz vítrea (en desvitrificación) con microlitos y pequeños fragmentos de plagioclasa. Cristal de olivino alterado a iddingsita.
Foto 74. L.R. 100X. N//. Calcopirita intersticial. Grano mixto de calcopirita y bornita.

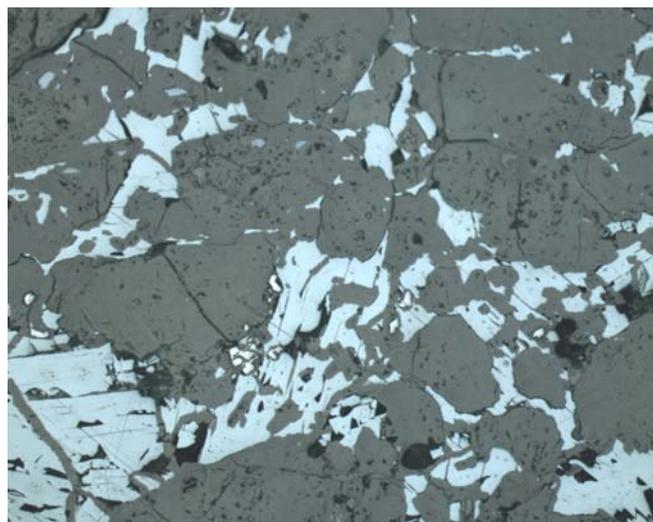


Foto 75. Indicio nº 3. L.R. 100X. N//. Granos, en disposición intersticial o intergranular, de calcosina. Pequeños granos de pirita, residuales del proceso de cementación.

Se encuentran fragmentos del filón muy regulares, con potencia constante y estructuras de relleno zonadas de borde a centro, que sugieren rellenos en condiciones tensionales. Hay que pensar en un filón o filones centimétricos, dentro de las rocas básicas epiclásticas formado en condiciones extensionales en una fractura N50-60°, que posteriormente se ha reactivado en condiciones de desgarre dextro, produciéndose el desmembramiento de los cuerpos filonianos y su reorientación según la propia estructura N60° o según cizallas secundarias.

La roca encajante muestra una intensa alteración consistente, fundamentalmente, en epidotización y carbonatización. Existen numerosas venillas de calcita y de cuarzo, así como de epidota. Esta última se presenta dispersa en la roca o en venas formando su salbanda. La mineralización primaria, constituida por pirita, calcopirita, bornita, tetraedrita, hematites y oro nativo, del cual se ha encontrado un pequeño grano, ha experimentado un importante proceso de alteración supergénica, en condiciones de enriquecimiento por cementación. Los minerales metálicos más abundantes en la mineralización actual son calcosina, covellina, malquita y azurita.

Presenta similitudes, sobre todo paragenéticas y de entorno geológico, con la mineralización nº 13 del cuadrante de Dajabón, aún cuando el medio estructural y su evolución son probablemente diferentes.

3.2. – RECURSOS DE ROCAS INDUSTRIALES Y DE ROCAS ORNAMENTALES Y DE CONSTRUCCIÓN

El cuadrante de Restauración contiene una gran variedad de tipos litológicos y amplios afloramientos de ellos. Sin embargo la actividad extractiva es muy reducida en este sector.

No hay explotaciones de rocas para uso industrial. Tampoco las hay para uso ornamental. Sin embargo, se encuentran rocas ígneas básicas, dioríticas y ultrabásicas de gran belleza, que probablemente tendrían, en placas pulidas, un gran atractivo visual. Existen, a primera vista, problemas geológicos para este potencial de rocas ornamentales. Por una parte, dada la complejidad estructural de la zona y la densidad de grandes estructuras de desgarre, la mayor parte de las canteras y afloramientos visitados están muy fracturados y deformados, por lo que sería difícil, en términos generales, obtener bloques, losas o placas de dimensiones suficientes. Sería costoso buscar afloramientos en lugares menos deformados y la localización en ellos de rocas ornamentales comercializables, más compleja. Por otra parte, los afloramientos rocosos de la zona están frecuentemente afectados, aunque sea en forma muy ligera, por alteraciones hidrotermales que modifican sus cualidades mecánicas y visuales. Es particularmente importante la diseminación frecuente de sulfuros (pirita) que, como es sabido, representa un factor enormemente negativo por los fenómenos de oxidación y tinción por óxidos de hierro subsiguientes. En concreto, las rocas ultrabásicas, frecuentemente serpentinizadas y, teóricamente, con un potencial ornamental, están ubicadas geológicamente a favor de las estructuras de desgarre NO-SE, estando deformadas por las reactivaciones de estas estructuras, lo que constituye un factor negativo para su valoración como recursos ornamentales.

Las explotaciones de rocas existentes en la hoja, tienen como objeto la **obtención de áridos**. La mayoría están abandonadas o tienen actividad intermitente, en función de la demanda local ocasional, y han producido áridos para la reparación de pistas y carreteras locales, o áridos para la construcción de edificios y obras civiles. Para el uso de las rocas como áridos no es un problema la gran deformación y fragmentación que presentan en términos generales. No existen explotaciones de áridos naturales, siendo todas ellas canteras de áridos para machaqueo.

Se han inventariado 13 explotaciones o canteras de rocas de construcción en el cuadrante de Dajabón.

Los materiales extraídos son los siguientes:

- Rocas dacíticas de la Fm. Tireo, 6 (nº 1)
- Rocas riolíticas de la Fm. Tireo, 8 (nº 3)
- Brechas dacíticas de la Fm. Tireo, 7 (nº 1)
- Peridotitas y serpentinitas, 1 (nº 4 y 5)
- Areniscas de la Fm. Trois Rivières-peralta, 19 (nº 6)
- Tobas básicas de la Fm. Tireo, 17 (nº 7, 11)
- Tobas y brechas andesíticas de la Fm. Tireo, 10 (nº 8, 9, 10,13)
- Tonalitas, 3 (nº 12)

Todas las canteras de la zona son de dimensiones pequeñas a medias, son de carácter intermitente y no tienen planificación de explotación ni medios técnicos y racionales. Algunas de ellas están definitivamente abandonadas y utilizadas para otros usos (basureros).

Destacan dos canteras contiguas, con formas muy elongadas, de rocas ultrabásicas o peridotitos. Sus ejes de elongación tienen direcciones N 120º (nº 4) y N 155º (nº 5), coincidentes con el alargamiento del afloramiento, controlado por las estructuras de desgarre NO-SE. Las rocas de la cantera nº 4, más afectadas por la deformación que las de la nº 5, están muy serpentinizadas, siendo en zonas auténticas serpentinitas, mientras que las de la nº 5, pueden considerarse como peridotitas. Son canteras intermitentes, el producto de las cuales, según comunicación oral de lugareños, se llevó en algún momento a Santo Domingo, sin que se conozca para qué uso (refractarios?).



Fotos 76 y 77. Cantera nº 4, de peridotitos serpentinizadas. En la foto 77, despegue en plano de fractura serpentinizado.



Foto 78. Cantera 11, de rocas epiclásticas básicas. Fracturación intensa y poca coherencia de los materiales.

Foto 79. Cantera 12. Frente de cantera de tonalita en el que se aprecia, en la parte superior, una banda milonitizada.

En las fotos 78 y 79, puede apreciarse los efectos de la deformación en los materiales rocosos, que motivan una dificultad general para la obtención de bloques de dimensiones óptimas.

4.- ANÁLISIS METALOGENÉTICO

La zona de estudio está situada, desde el punto de vista geotectónico en un arco-isla oceánico del Cretácico Inferior-Paleógeno con distintos terrenos acrecionados e intensamente deformados. Los arcos de rocas magmáticas en bordes de subducción contienen más mineralizaciones metálicas por unidad de área que las rocas formadas en cualquier otro entorno geotectónico (Mitchell, A.; Garson, M. 1982 - Cox y Singer 1986). Estas zonas de convergencia de placas y bordes destructivos tienen, en principio, un gran potencial para la existencia de pórfidos de Cu-Au, de yacimientos de sulfuros masivos volcanogénicos submarinos y de mineralizaciones epitermales de Au, ligadas o no al desarrollo de calderas en rocas intermedias a básicas (figura 18). Su aparición o inexistencia, o el mayor o menor desarrollo de estas mineralizaciones, dependen de aspectos como la evolución tectónica de dichos entornos y de una característica fundamental, cual es la especialización geoquímica de los materiales involucrados.

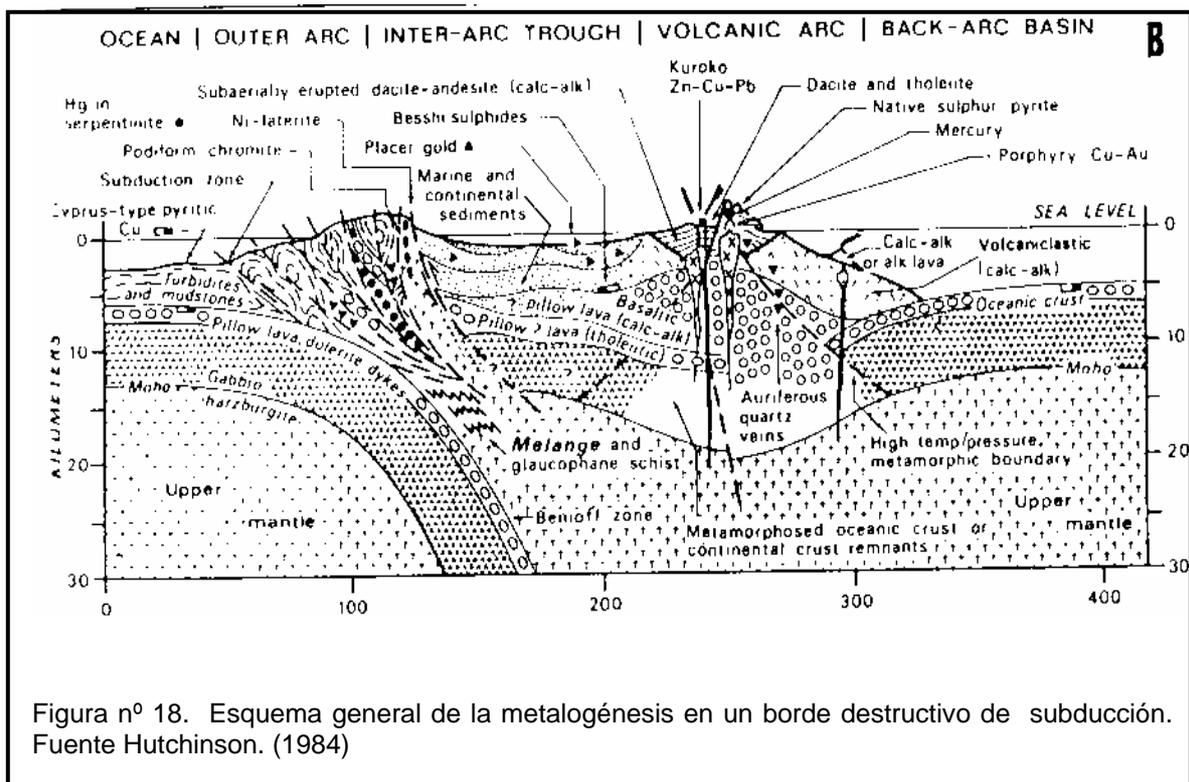


Figura nº 18. Esquema general de la metalogénesis en un borde destructivo de subducción. Fuente Hutchinson. (1984)

En el cuadrante de Restauración está representado un abanico de tipos de mineralización que, en gran parte, confirman la potencialidad del ámbito en los tipos de concentraciones metálicas mencionadas.

- **Mineralizaciones epitermales de metales preciosos.**

La mineralización de Pueblo Viejo, del tipo epitermal sulfato ácido o de alta sulfuración, es un caso particular, por su asociación a una estructura maar-diatrema, que no aparece en otros yacimientos de Au del Caribe. La existencia de estructuras semejantes en la Fm. Tireo u otras es improbable. Si son, sin embargo, esperables, mineralizaciones en estructuras lineales de tipo epitermal asociadas a amplios sistemas epitermales en los mismos materiales o en otro tipo de formaciones. Varios de los indicios existentes en la zona, consistentes en diseminaciones de pirita-calcopirita en rocas intrusivas intermedias o en rocas volcánicas básicas o ácidas-intermedias, podrían estar en relación con este tipo de mineralización. Fuera del cuadrante de Restauración, pero en materiales similares a los del volcanismo básico del Cretácico Inferior, existen diseminaciones de sulfuros en rocas lávicas y piroclásticas basálticas, bajo las cuales han intruido domos dacíticos que actúan como motor térmico que activa celdas convectivas y desarrollan alteración hidrotermal (silicificación) y mineralización (Au-Cu) en los basaltos (Managua, 6 Mt con 2 g/t de Au).

Conocida es la relación, a distintos niveles estructurales, de mineralizaciones epitermales y pórfidos cupríferos o de Cu-Au. La existencia, también en zonas de la Cordillera Central (Ceja del Coco, 40Mt con 0,4% Cu) de mineralizaciones consistentes en diseminaciones de Cu-Au, en rocas intrusivas dacíticas a tonalíticas, con fuerte alteración hidrotermal, confiere interés a muchas de las pequeñas intrusiones de la zona, a varios de los indicios de Cu dispersos en rocas del Cretácico Inferior y a numerosas anomalías geoquímicas definidas en el estudio geoquímico llevado a cabo en este mismo proyecto.

Las características de las mineralizaciones epitermales incluidas en el cuadrante de Restauración, de las cuales el exponente más significativo lo constituyen las de Candelones, Montazo y Guano-Naranjo han sido ya descritas. Los rasgos más significativos son su asociación a rocas volcánicas ácidas (lávicas o piroclásticas) de la Fm. Tireo, en relación con domos riodacíticos o dacíticos infrayacentes, su control estructural marcado por grandes lineamientos correspondientes a estructuras de desgarre subverticales NO-SE o N50°-70°, las tipologías de alteraciones hidrotermales que presentan. El análisis del Mapa de Recursos minerales permite reconocer a pequeña escala este control, pues los indicios de oro están situados según lineamientos NO-SE o según lineamientos N50°-70°. A escala más regional, puede verse que una parte importante de los indicios de Au o de alteraciones hidrotermales está incluida en la estructura frágil N60° de Candelones, en una longitud de 15 km y

en una anchura de 2-.3 km. Algunos lo hacen en las intersecciones de ambos. Dichas estructuras, sin duda antiguas aunque posteriormente reactivadas han controlado posiblemente el emplazamiento de domos de rocas ácidas en relación con los cuales se producen los sistemas convectivos hidrotermales.

- **Otros tipos de mineralizaciones posibles**

Aunque no existen indicios de mineralizaciones de los tipos siguientes si que cabe considerar su posibilidad de existencia, pues la estructura geológica del cuadrante de Restauración cumple, en principio las condiciones para ello.

- **Los sulfuros masivos** (y estructuras asociadas) aparecen, en el vecino cuadrante de Dajabón, fundamentalmente, en la Fm. Amina. Dicha formación volcánica bimodal no aflora en el dominio considerado. Sin embargo, y aunque no existen indicios conocidos de ellas en Restauración, no hay que olvidar las posibilidades de albergar mineralizaciones de este tipo que tiene el volcanismo, asimismo bimodal, de la Fm. Tireo. Prueba de ello son los indicios de este tipo existentes en la Fm. Tireo en el cuadrante de Constanza. Las volcanitas básicas de la Fm. Tireo constituyen, en principio, un marco adecuado para la existencia de mineralizaciones volcanosedimentarias que, a diferencia de las existentes en Dajabón o en Cerro Maimón (Bonaó), serían probablemente más ricas en Cu que en Zn (tipo Beshi o Chipre, similares a Sabana Potrero, en la Fm. Peralvillo Sur) de ello ocurren en el cuadrante de Constanza.

Las volcanitas riolíticas de la Fm. Tireo tienen, asimismo, unas posibilidades en relación con sulfuros masivos con Cu que no han sido investigadas.

- **Mineralizaciones en las peridotitas.**

Algunos tipos de mineralizaciones asociadas a rocas ultrabásicas de complejos ofiolíticos, formando intrusivos de tipo alpino, parecen no tener en el caso de la fm. Loma Caribe un potencial estimable. En el caso de las de cromita, de las cuales se cita algún pequeño indicio, por ejemplo en el cuadrante de Dajabón, la fuerte deformación patente en la peridotita es un factor contrario a la presencia de pods de cromita de cierta entidad (como en el caso de Cuba). En cualquier caso, en la fase de exploración geoquímica de esta proyecto, si bien se ponen de manifiesto contenidos muy elevados en cromo en los sedimentos y en los concentrados de minerales pesados, no se ve, en los concentrados,

cantidades llamativas de cromita. Parece que los altos contenidos en cromo no se expresan en forma del mineral cromita, sino que deben corresponder a ir concentraciones geoquímicas en las redes cristalinas de los minerales ferromagnesianos.

Las mineralizaciones de Ni lateríticas, de gran importancia económica en otros sectores de la Isla, corresponden a un tipo con amplia repartición en toda la región del Caribe (Cuba, Jamaica). En los ejemplos citados los depósitos están situados en meseta o altos bien drenados que son el resultado de un levantamiento topográfico reciente. No se conocen indicios de concentraciones altas en Ni en suelos lateríticos del cuadrante.

Como **síntesis de los modelos de mineralización existentes o posibles en el área**, se citan los expresados en el cuadro siguiente.

MODELO	EJEMPLOS R.D.	OTROS LUGARES
Pórfido Cu	Pico Duarte	Camaguey (Cuba)
Sulfuros masivos tipo Noranda o Kuroko	Cerro Maimón	Daiquiri (Cuba)
Sulfuros masivos tipo Chipre	Sabana Potrero	Matahambre (Cuba)
Zonas de cizalla (Au-Cu)		Matahambre (Cuba)
Epitermal alta sulfuración (Au-Ag)	Pueblo Viejo, Restauración, Managua.	Goldens Hill (Cuba)
Epitermal baja sulfuración (adularia-sericita).	Centenario	Jacinto (Cuba)
Lateritas niquelíferas	Loma Caribe	Cuba

4.2.- GUÍAS METALOGENÉTICAS DE EXPLORACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Como se ha dicho, las zonas de convergencia de placas son de las más favorables para la existencia de mineralizaciones. Muchos de los tipos posibles de concentraciones se encuentran en la República Dominicana y en el ámbito de la zona de estudio (ver cuadro).

Sin embargo, la poca influencia de corteza continental restringe notablemente la diversidad de mineralizaciones a encontrar. Esto contrasta notablemente con lo que ocurre en la cercana isla de Cuba, en la que la mayor influencia continental hace que el número y cantidad de tipos de mineralización existentes sea mucho mayor (ver una síntesis en Proenza y Melgarejo, 1999).

Las mineralizaciones de mayor interés económico corresponden a las **venas y remplazamientos epitermales**. Parece haber sistemas epitermales de alta y baja sulfidación típicos, suprayacentes a domos subvolcánicos ácidos. El caso de Pueblo Viejo es muy particular y constituye un modelo de referencia. Si la hipótesis de que está relacionada con un maar (Russell y Kesler, 1991) es cierta, las posibilidades de que exista otro sistema similar son muy limitadas. Si la situación es la que propone Nelson (1999) en la que el sistema epitermal está relacionado con sulfuros masivos y domos ácidos es la correcta, entonces hay muchas más posibilidades de encontrar sistemas equivalentes. No hay ninguna razón objetiva para suponer que pueda haber sistemas similares en lugares donde los fluidos profundos hayan interactuado con aguas oxidadas cerca de la paleosuperficie. Al igual que en el caso de los sulfuros masivos, se ha de prestar especial atención a estructuras (sub)circulares de tipo caldera, lugar preferente de formación de ambos tipos de mineralización. El análisis estructural de la imagen satelitaria de la zona no ha puesto de manifiesto estructuras circulares. Si que pone de manifiesto direcciones lineamentarias de dirección SO-NE en amplias zonas dentro del cuadrante que coinciden con algunas alineaciones de anomalías (Au). Y que coinciden con direcciones muy importantes en el caso de las mineralizaciones de Candelones, Montazo y Guano en el cuadrante vecino de Restauración. Sugieren posibles estructuras de canalización de intrusivos y de sistemas epitermales (?).

Algunas de estas mineralizaciones corresponden a sistemas hidrotermales con gran desarrollo vertical y superposición de estilos de mineralización. Así, en la Fm Los Ranchos el sistema epitermal ácido podría ser gradacional hacia sulfuros masivos en superficie (Nelson, 1999) y es posible que en profundidad existan pórfidos con Cu-Au

(Hedenquist y Arribas, 1999). Los sistemas de baja sulfuración pueden pasar a pórfidos mineralizados (e.g., Kesler, 1997), aunque los modelos más recientes parecen indicar que no hay una relación tan directa (Sillitoe, 1999).

Las mineralizaciones de sulfuros masivos, ya sea de tipo Noranda o Kuroko, que pueden encontrarse en la Fm. Tireo, o de tipo Chipre o Beshi, en la Fm. Tireo, pueden ser, a tenor de los ejemplos similares conocidos, ser pequeñas y de poco interés económico, quizás por causa de la intensa deformación que afecta a estos horizontes. Sin embargo, existen posibilidades de encontrar concentraciones mayores y más atractivas, posiblemente en áreas con menor grado de cizallamiento. Un criterio de exploración lo pueden constituir las intensas alteraciones hidrotermales ligadas a este tipo de yacimientos y la presencia de gossans o rocas gossanizadas.

La cartografía y exploración geoquímica realizadas en el marco de este proyecto ha puesto de manifiesto, a pesar de la baja densidad de muestreo, numerosas áreas anómalas. La mayor parte de ellas aparecen en el contexto de la Fm. Tireo, aunque no hay que olvidar aquellas relacionadas con las formaciones del Grupo Peralta. Sin embargo, es difícil discriminar las que pueden estar asociadas a sulfuros masivos o a disseminaciones en los numerosos pequeños stocks que los intruyen.

La existencia de una estructura mineralizada en la Fm. Trois Rivières Peralta, reflejada en el mapa, y la existencia de anomalías geoquímicas de interés abre buenas perspectivas a este dominio. En el Proyecto de Cartografía Geotemática de la R.D (1999) ya se definieron importantes y consistentes anomalías de Au-Ba-Cu en los materiales de este grupo. Todo ello puede abrir un nuevo campo y unos nuevos objetivos a la exploración de oro en la R.D.

La asociación de formaciones favorables (Fm. Tireo) con la presencia de numerosos pequeños domos dacíticos a tonalíticos aflorantes o subaflorantes confiere un atractivo a la zona. Esta asociación puede suponer la existencia de sistemas hidrotermales afectando a litologías o unidades geoquimicamente anómalas, y la posibilidad de mineralizaciones de tipo epitermal o de removilización de concentraciones de sulfuros masivos.

Los metalotectos o estructuras asociadas a mineralizaciones que se plasman en el mapa de recursos minerales dependen evidentemente de la escala y de la resolución de la cartografía geológica que les sirve de base. Al no estar reflejadas

estructuras de mayor detalle (diferenciaciones en el volcanismo, facies volcanoclásticas, zonas de alteración hidrotermal, etc.) los metalotectos indicados son más generales y de una escala menor. Los principales metalotectos representados en la hoja son fundamentalmente de tipo **litológico-estratigráfico** (Fm. Tireo, intrusivos cuarzo-dioríticos), **estructurales**, grandes zonas o bandas de fracturación (NE-SO) o estructuras de desgarre NO-SE.

A continuación se presentan, deducidas de consideraciones metalogenéticas y de consideraciones geoquímicas, las **principales unidades prospectivas del área de Restauración**.

UNIDAD GEOLÓGICA	MINERALIZACIÓN ESPERADA	METALES	COMENTARIO
Fm. Tireo	Epitermal(baja o alta sulfuración)	Au-Cu-Ag	Mucho interés
	Cizallas	Cu	Poco interés
	Pórfidos	Cu-Au	Posible interés
	VMS	Cu-Zn	Posible interés
Tonalitas	Reemplazamiento hidrotermal	Caolín	Mucho interés
	Sistemas filonianos	Au-Cu y otros	Posible interés

Cuadro con las principales unidades prospectivas en el área de Restauración

5.- BIBLIOGRAFÍA

- Arick, M.B., (1940a). Report on the geology of Hispaniola. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 12p.
- Arick, M.B. (1940b). Dominican Seaboard Oil Company, Inc.; Annual report of Geological Department. Unpublished reports, Dominican Seaboard Oil Company, 34 p.
- Biju-Duval, B., Bizon, B., Mascle, A., Muller, C. (1983). Active margin processes; field observations in southern Hispaniola. En J.S. Watkins, C.L. Drake, (eds.). Studies in continental margin geology. American Association of Petroleum Geologist Memoir, 34, 325-346.
- Blesch, R.R. (1966). Mapa geológico preliminar. En : Mapas. Volumen 2. Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de la República Dominicana. Unión Panamericana, escala 1/250.000.
- Bold, W.A., 1975 . Neogène biostratigraphy (ostracoda) of southern Hispaniola: *Bulletins of American Paleontology*, v. 66 n°. 286, p.549-639.
- Bowin, C.O. (1975). The geology of Española. En: NAIM A. and Stehli F. eds. Plenum Press, New York., 501-552.
- Breuner, T.A., 1985 . The Geology of the Eastern sierra de Neiba. Tesis doctoral, Universidad de Washington (inédito), 120 pp.
- Burke K., Fox P. J. y Sengor A. M. C. (1978). Buoyant ocean floor and the evolution of the Caribbean. *Journal of Geophysical Research, A, Space Physics*, 83, 3949-3954.
- Burke, K. (1988). Tectonic evolution of the Caribbean. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 16, 201-230.
- Byrne D. B., Suarez G. y McCann W. R. (1985). Muertos Trough subduction; microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature (London)*, 317, 420-421.
- Calais E. y Mercier de Lepinay B. (1995). Strike-slip tectonic processes in the northern Caribbean between Cuba and Hispaniola (Windward Passage). *Marine Geophysical Researches*, 17, 63-95.
- Clauré, M. (1981). Inventario minero. Documento inédito. Dirección General de la Minería.
- Cox, D.P., Singer, D.A. (1988): Mineral Deposits Models U.S.G.S. Bull., 1693, 379 pp.

- Dohm, C.F. (1941d). The geology of the Azua-Enriquillo Basin areas covered by Aerial Mosaics nº 7,14 and 15. Dominican Republic. Santo Domingo Office nº 15, Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company,17p.
- Dohm, C.F. (1942a). A geological report of the cerros de Sal, Valle Enriquillo-Dominican Republic describing mosaic Areas nos. 1 and 2. Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company, 17p.
- Dohm, C.F. (1942b). The geology of the sierra de Neiba and Valles San Juan and Enriquillo in Mosaic Areas 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 32 and 33. Dominican Republic. Santo Domingo Office nº 20. Unpublished reports. Dominican Seaboard Oil Company,18 p. (Apendix 1: Tectonic history of the sierra neiba and Adjoining Basin Areas by C.F. Dohm, 4p; Apendix 2: Index Fossil Foraminifera in San Juan- Azua Basins, Dominican Republic, by P.J. Bermudez, 3p.)
- Dolan, J. F. y Mann, P. (1998). Active Strike-Slip and Collisional Tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone. Volumen especial N 326 de la Sociedad Geológica Americana, 174 pp.
- Dolan, J. F., Mullins, H. T. y David, J. V. (1998). Active tectonics of the north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning and opposing subducted slabs. In Dolan J.F. y Mann P. (eds.). Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 326, 174
- Dolan, J., Mann, P., de Zoeten, R., Heubeck, C., Shiroma, J. y Monechi, S. (1991). Sedimentologic, stratigraphic, and tectonic synthesis of Eocene-Miocene sedimentary basins, Hispaniola and Puerto Rico. *Special Paper Geological Society of America*, 262, 217-263.
- Donnelly T.W., Beets D., Carr M.J., Jackson T., Klaver G., Lewis J.F., Maury, R., Schellenkens H., Smith A.L., Wadge G. y Westercamp D. (1990). History and tectonic setting of Caribbean magmatism. En: Dengo G. and Case J. E. eds.: *The Caribbean region, Geol. Soc. Am., Boulder, CO, United States (USA)*.
- Draper G. y Gutierrez 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, 299.
- Draper G. y Lewis j. F. (1991). Geologic map of the central Dominican Republic. In: Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean Plate boundary in Hispaniola. *Special Paper - Geological Society of America*, 262.
- Draper,G., Mann,P., Lewis,J.F. (1994). Hispaniola. En Caribbean Geology, an introduction, UWI Publishers, Kingston, 129-150.

- García Senz J. (2004). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 5871-III (Jimaní) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- García, E., Harms, F. (1988). Informe del Mapa Geológico de la República Dominicana escala 1:100.000 San Juan (4972). Santo Domingo, 97 p.
- Genna A. (2004). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 5871-II (Duvergé) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- Gómez Sainz de Aja, J.A. (2000^a). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 6072-IV (Gajo de Monte) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. (1999): The tops and bottoms of high-sulfidation epithermal ore deposits in Mineral deposits: Processes to Processing, Stanley et al., eds., Balkema, 515-518
- Hernaiz Huerta, P.P. (2004a). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 5971-IV (Galván) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo
- Hernaiz Huerta, P.P. (2004b). Mapa Geológico de la Hoja a E. 1:50.000 n° 5871-I (La Descubierta) y Memoria correspondiente. Proyecto de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- Hernaiz P. P. y Pérez-Estaún A. (2002). Estructura del cinturón de pliegues y cabalgamientos de Peralta, República Dominicana - Structure of the Peralta thrust and fold belt, Dominican Republic. *Acta Geologica Hispanica*, 37, 183-205.
- Hernández, P.P. (2000). Programa de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Hoja a E. 1:50.000 n° 6172-II (Villa Altagracia). [6071-II]. Santo Domingo, Servicio Geológico Nacional. Proyecto Sysmin
- Heubeck, C, and Mann, P. (1991). Structural geology and Cenozoic tectonic history of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. Geological Society of America Special Paper 262, pp. 315-336.
- Heubeck, C. (1988). Geology of the southeastern termination of the Cordillera Central, Dominican Republic. M.A. Thesis. University of Texas, Austin, 333 p.

- IGME (1998). análisis y ordenación de la minería artesanal en la República Dominicana. Proyecto de cartografía geotemática de la R.D. SYSMIN (inédito).
- INYPESA (1985): Inventario Nacional de Aridos y Rocas de Construcción.
- Kesler, S.E. (1997): Metallogenic evolution of convergent margins: selected ore deposit models *Ore Geology Rev.*, 12, 153-171
- Lewis, J.F., Escuder Viruete, J., Hernaiz Huerta, P.P., Gutierrez, G., Draper, G., Pérez-Llinás, R.A., (1972). Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, Codia, Part 1. Publication of Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores, Santo Domingo, No.31 pp. 55-65.
- Llinás, R.A. (1972). Geología del área Polo-Duvergé, Cuenca de Enriquillo, Codia, Part 2. Publication of Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores, Santo Domingo, No.32 pp. 40-53.
- Mann P., McLaughlin P.P., van den Bold W.A., Lawrence S.R., Lamar M.E. (1999). Tectonic and Eustatic Controls on Neogene Evaporitic and Siliciclastic Deposition in the Enriquillo Basin, Dominican Republic. *In* Caribbeans Basins, Sedimentary Basins of the World, 4 (P. Mann Ed.), Elsevier Science B.V., Amsterdam, p. 287 – 342 ;
- Mann, P. and Lawrence, S.R., (1991). Petroleum potential of southern Hispaniola. *Journal of Petroleum Geology*, 14: 291-308.
- Mann, P., Calais, E., Ruegg, J.C., DeMets, C., Jansma, P.E., and Mattioli G.S. (2002). Oblique collision in the northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics*, Vol. 21, N°6, 1057, pp. 7-1 to 7-26.
- Mann, P., Draper, G. y Lewis, J.F., Eds. (1991a). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. *Geological Society of America Special Paper*. 262 pp.
- Mann, P., Draper, G., Lewis, J.F. (1991b). An overview of the geologic and tectonic development of Española. En P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262, 1-28.
- Mann, P., Lebrón, M., Rodríguez, J. and Heubeck, C. (1991c). Geologic maps of the southern Dominican Republic. In: P. Mann, G. Draper and J.F. Lewis (Editors), *Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola*. Geological Society of America Special Paper 262. Plates 4a, 4b, and 4c, scale: 1:150,000.

- Mann, P., Mclaughlin, P.P., Cooper, C. (1991d). Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic; 2, Structure and tectonics. In: P. Mann, G. Draper, J.F. Lewis (eds.). Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola. Geological Society of America Special Paper 262, 367-390.
- Mann, P., Taylor, F.W., Burke K., and Kulstad, R., 1984. Subaerially exposed Holocene coral reef, Enriquillo Valley, Dominican Republic. *Geol. Soc. America Bull.*, vol. 95, 1084 – 1092
- Mann, P., Taylor, F.W., Edwards, R.L., Ku, T.L., 1995. Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults: An example from the north-eastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, 246, 1-69.
- Mann, P., 1983. Cenozoic tectonics of the Caribbean structural and stratigraphic studies in Jamaica and Hispaniola. Thesis. New York University, Albany, 688 p. (Inédito).
- Maurrasse, F., Husler, G., Georges, G, Schmitt R., and Damond, P., 1979 b. Upraised Caribbean Sea floor below acoustic reflector B" and the Southern Peninsula of Haiti, *Geolo, Minjbuow.*, 8, 71-83.
- McLaughlin, P.P., van den Bold, W.A., Mann, P., 1991. Geology of the Azua and Enriquillo basins, Dominican Republic ; 1, Neogene lithofacies, biostratigraphy, biofacies, and paleogeography. In *Geologic and Tectonic Development of the North America – Caribbean Plate Boundary in Hispaniola*, Mann. P., Draper G. and Lewis J.F. (Eds), Geological Society of America Special Paper 262, 1991, p. 337 – 366 ;
- 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). Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, 378 pp. (Inédito).
- Meschede, M.; y Frish, W. (2002). The evolution of the Caribbean plate and its relation to global plate motion vectors: Geometric constraints for an inter-American origin. In: T.A. Jackson (Editor), *Caribbean Geology Into the Third Millennium: Transactions of the Fifteenth Caribbean Geological Conference*. University of the West Indies Press, Mona, Jamaica, 1-14.
- Montgomery H., Pessagno E. A. y Pindell J. (1994). A 195 Ma terrane in a 165 Ma sea: Pacific origin of the Caribbean plate. *GSA Today*, 4, 1-6
- Naciones Unidas (1978): Informe sobre la metalogénesis en la República Dominicana. proyecto Naciones Unidad para el Desarrollo. 122 pp.

- Nelson, C.E. (1999): Volcanic domes and gold mineralization at the Pueblo Viejo deposit, Dominican Republic Mineralium Deposita,
- Nemec, M. C., 1980. A two phase model for the tectonic evolution of the Caribbean, *Trans. Caribb. Geol. Conf.*, 9 th, 23-24.
- Nicolini, P. (1977): Les porphyres cuprifères et les complexes ultra-basiques du nord-est d'Haiti: essai géologie provisionnelle. Tesis Doctoral, Univ. Pierre Marie Curie, Paris.
- Norconsult, 1893. Dominican Republic. Petroleum Exploration Appraisal. Report for Dirección General de Minería. Santo Domingo (inédito)
- Omenetto, P., Trivellin, E., Visonad, D. (1995): Gold ores in the Eastern and Western Cordilleras of Dominican Republic en: Mineral Deposits: From their origin to environmental impacts, Pasava, J., Kribek, B., Zak, K. (eds.), Balkema, Rotterdam, 177-179
- Osiris De León, R., 1983. Aspectos geológicos e hidrogeológicos de la región suroeste. Publicaciones especiales, número 4, Museo Nacional de Historia Natural, Plaza de la Cultura, Santo Domingo, República Dominicana, 25 p.
- Pérez–Estaún, A., Tavares, I., García Cortés, A., Hernaiz Huerta, P.P. (eds) (2002). Evolución geológica del margen norte de la Placa del Caribe. *Acta Geologica Hispana*. V. 37 N° 2-3, 272 pp.
- Pindell J. I. y Barret S. F. (1990). Geology of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En: Dengo G. and Case J. E. eds. *The Geology of North America*, Volumen H, The Caribbean region, Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.
- Pindell, J. L. (1994). Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. En: Donovan S. K. and Jackson T. eds. *Caribbean geology: An introduction*, University of the West Indies, Kingston, Jamaica, 13-39.
- Pindell, J. L., and Barrett, S. F., 1990. Geological evolution of the Caribbean region: a plate tectonic perspective. En G. Dengo y J.E. Case (eds.). *The Caribbean*, Volume H, Decade of North American Geology. Geological Society of America, Boulder, Colorado, 404-432.
- Pindell, J.L., 1994. Evolution of the Gulf of Mexico and the Caribbean. En S.K. Donovan y T.A. Jackson (eds.). *Caribbean Geology: an introduction*, University of the West Indies Publishers Association. University of the West Indies Press, Kingston, Jamaica, 13-39.

- Proenza, J., Melgarejo, J.C. (1999): Una introducción a la metalogenia de Cuba en relación con la evolución geológica de la isla. *Acta Geológica Hispánica*.
- PROINTEC, 1999. Prevención de Riesgos Geológicos (Riesgos sísmicos). Proyecto del Programa de Desarrollo Geológico Minero (SYSMIN) en la República Dominicana. Servicio Geológico Nacional, Santo Domingo.
- Pubellier, M., Mauffret, A., Leroy, S., Vila, J.M., Amilcar, H., 2000. Plate boundary readjustment in oblique convergence: Example of Neogene of Hispanilla, Greater Antilles. *Tectonics*, Vol. 19, No. 4, pp 630-648.
- Russell, N., Kesler, S.E. (1991): Geology of the maar-diatreme complex hosting precious metal mineralization at Pueblo Viejo, Dominican Republic en Mann, P., Draper, G., Lewis, J.F., eds., *Geologic and tectonic development of the North American-Caribbean plate boundary in Hispaniola*, Geological Society of America Spec. Paper 262, 203-215
- Sen, G. R., Hickey-Vargas, Waggoner, G., and Maurrasse, F., 1988. Geochemistry of basalts from the Dumisseau Formation, southern Haiti; Implications for the origin of the Caribbean crust. *Earth Planet Sci. Lett.*, 87, 423-437.
- Sillitoe, R.H. (1999): VMS and porphyry copper deposits: Products of discrete tectonomagmatic settings en *Mineral deposits: Processes to Processing*, Stanley et al., eds., Balkema, 7-10
- Sinton, C. W., Duncan, R. A., Storey, M., Lewis, J., Estrada, J. J. (1998). An oceanic flood basalt province within the Caribbean plate. *Earth and Planetary Science Letters*, 155, 221-235.

ANEXO I

LISTADO DE MINERALIZACIONES DEL CUADRANTE 5873: RESTAURACIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO O INDICIO								CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA ENCAJANTE				OBSERVACIONES	
Número	XUTM	YUTM	Hoja 1/50.000	Nombre o Paraje	Sustancia	Mineralogía	Morfología	Litología	Edad	Unidad			Dominio
										UE	UI		
1	208590	2139155	5873-I	Corozo	Au,Cu,Py	Au,py,cp,bar, ser,qz,cl	D	Tb	K ₂	10		DCC	En investigación por Unigold
2	215512	2136920	5873-I		Cu	azu,mal	D	Tb	K ₂	10		DCC	
3	224063	2138607	5873-I		Cu,Au	cc,py,cp,bo,hem cv, cal,qz, epd Au	F50°	Epib	K ₂	17		DCC	
4	235901	2138563	5873-I		Au,Cu,	qz,epd, ser, cal	D	Tb	K ₂	10		DCC	
5	228596	2135567	5873-I		Au,Cu	qz,epd, ser, cal, mg, mal	D	Ti	K ₂	13		DCC	
6	231700	2137800	5873-I		Au,Cu	qz,epd, ser, cal, mg, mal	R	Epib	K ₂	17		DCC	
7	21670	2131350	5873-I	Candelones	Au	qz,ser,cl,bar, kao,py,cp,sl, Au gn,td,hFe	R	Da,RiDa,Ri	K ₂	6		DCC	Candelones. En investigación por Unigold
8	217527	2131595	5873-I		Au	qz,ser,cl,bar, kao,py,cp,sl, Au,hFe	F80°	Da,RiDa,Ri	K ₂	6		DCC	Estructura junto a carretera. N80°
9	222300	2133100	5873-I	Montazo	Au	qz,ser,cl,bar, kao,py,cp,sl, Au,td,gn,hFe	R	Da,Ta,Bra	K ₂	6		DCC	Montazo
10	224350	2134500	5873-I	Guano-Naranjo	Au	qz,ser,cl,bar, kao,py,cp,sl, Au,td,gn,hFe	R	Bra	K ₂	7		DCC	Guano
11	217351	2130473	5873-I		Au,Cu,Py	qz,ser,hFe	D	Da	K ₂	6		DCC	
12	225087	2129636	5873-I		Au,Cu	qz,ser,hFe	D	Are	K ₂	20		DPT	
13	230913	2125766	5873-I		Au,Cu,Py	qz,se,hFe,bar sl,cp	D	Da,Ri	K ₂	6		DCC	Gossan en rocas volcánicas
14	231789	2125150	5873-I		Au,Cu	qz,ser,hFe	D	Ti	K ₂	10		DCC	
15	227993	2128039	5873-I		Au,Cu	qz,ser,kao,cl,bar gn,cp,sl,py,hFe	D	Da,RiDa,Ri	K ₂	6		DCC	

Sustancia: Au: oro. Cu: cobre. Py:pirita.

Mineralogía: Au: oro. py:pirita. cp:calcopirita. sl:esfalerita. gn: galena. cc: calcosina. cv:covellina. bar: barita. bo:bornita. hem:hematites. ser:sericita. cl:clorita. td:tetraedrita. epd:epidota.qz:cuar

Morfología: D: desconocida. R: Irregular. F: filoniana

Litología: Tb: toba básica. Epib: R. epiclástica básica.Ti: toba intermedia. Da: dacita. Ri: riolita. RiDa: riodacita. Ta: toba ácida. Bra: brecha ácida. Are: arenisca.

Edad: K₂: Cretácico superior

Dominio: DCC: Dominio Cordillera Central. DPT: Dominio Peralta-Trois Rivières

ANEXO II

LISTADO DE INDICIOS Y EXPLOTACIONES DE ROCAS INDUSTRIALES Y ORNAMENTALES DEL CUADRANTE 5873: RESTAURACIÓN

Número	U.T.M.		Hoja 1/50.000	Nombre o Paraje	Recurso	Litología	Edad	Unidad		Dominio	OBSERVACIONES
	X	Y						UE	UI		
1	214990	2139060	5873-I		Bas	BreDa	K ₂	7			Microcantera junto a camino Brecha dacítica, muy deformada. Brechas volcánicas ácidas de la Fm. Tireo. Cantera muy pequeña, abandonada
2	217527	2131595	5873-I		Bas	Da	K ₂	6			Rocas volcánicas ácidas a intermedias de la Fm. Tireo. En un lado de la cantera hay un afloramiento o estructura mineralizada, de varios metros de anchura, acompañada por una alta alteración hidrotermal (silicificación, caolinización)
3	219619	2136215	5873-I		Bas	Ri,RiDa	K ₂	8			Cantera pequeña. Riolita porfídica con matriz verdosa clorítica.
4	224026	2139010	5873-I		Srp	Per	K ₂	1			Gran cantera con dirección N110°. Alto grado de serpentización de la roca ultrabásica, favorecida por fractura N110°. Diques dcm N105° de rocas más leucocráticas.
5	224075	2139010	5873-I		Srp	Per	K ₂	1			Similar a la anterior pero menos serpentizada
6	224188	2128524	5873-I		Arn	Are,Pz	K ₂	19			Pequeña cantera intermitente que explota alternancias de pizarras, a veces con tonalidades violáceas , y areniscas de la Fm. Trois Rivières-Peralta . Conjunto atravesado por numerosas venas de cuarzo
7	224060	2138600	5873-I		Bas	Tb	K ₂	17			Cantera pequeña. Tobas y otros piroclásticos de color verdoso. Mucha fracturación. Unidad de rocas epiclásticas intermedias y básicas de la Fm. Tireo.
8	225140	2135030	5873-I		Bas	BreAn	K ₂	10			Cantera pequeña. Brechas andesíticas-dacíticas, con clastos angulosos mm a cm de la unidad de tobas andesíticas de la Fm. Tireo. Atravesado por venas subverticales N27° de materiales intrusivos más claros
9	229629	2135150	5873-I		Bas	Ti	K ₂	10			Roca de color verde oscuro, muy esquistosada, atravesada por venas de cuarzo. Esquistosidad paralela a las venas, N125-130°. Se observan pátinas de malaquita en algunas de las venas. La dirección de la cantera, muy elongada, es también N130°.
10	227180	2136920	5873-I		Bas	Ti	K ₂	10			Pequeña cantera intermitente junto a carretera de Río Limpio a Carrizal
11	228604	2135570	5873-I		Bas	Epib	K ₂	17			Pequeña cantera. Intermitente. Atravesada por venas de calcita-epidota

Número	U.T.M.		Hoja 1/50.000	Nombre o Paraje	Recurso	Litología	Edad	Unidad		Dominio	OBSERVACIONES
	X	Y						UE	UI		
12	231877	2132919	5873-I		Gr	To	K ₂	3			En una pequeña cantera se ve contacto entre tonalita y roca de color claro, de grano fino y esquistosada, con aspecto milonítico (neis milonítico). Contacto neto por fractura N10º/65ºE.
13	233300	2131100	5873-I		Bas	Ti	K ₂	10			Gran complejidad tectónica por existencia de una banda dedeformación importante. Materiales triturados e intercalaciones tectónicas de distintas litologías. Hay grandes bloques con aspecto ignimbrítico (lapillis aplastados?)entre materiales muy esquistosados (esquistos violáceos y esquistos verdes. Alteración hidrotermal sobreimpuesta. Cantera abandonada

Recurso: Bas: Basalto, Toba básica, Espilita, Anfibolita. Srp: Roca ultrabásica, acumulado ultramáfico, serpentinita. Arn: areniscas. Gr: Granito y tonalita

Litología: . Per: peridotita. To: tonalita .And: andesita. Ba: basalto. Bre: brecha. Tb: Toba básica. Ti: Toba intermedia. Are: arenisca. Pz: pizarras. Ri: riolita. RiDa: riolacita. Epib: R. epiclástico

Edad: . K₂: Cret. Sup.

Dominios. DCC: Dominio Cordillera Central. DGP: Dominio Grupo Peralta